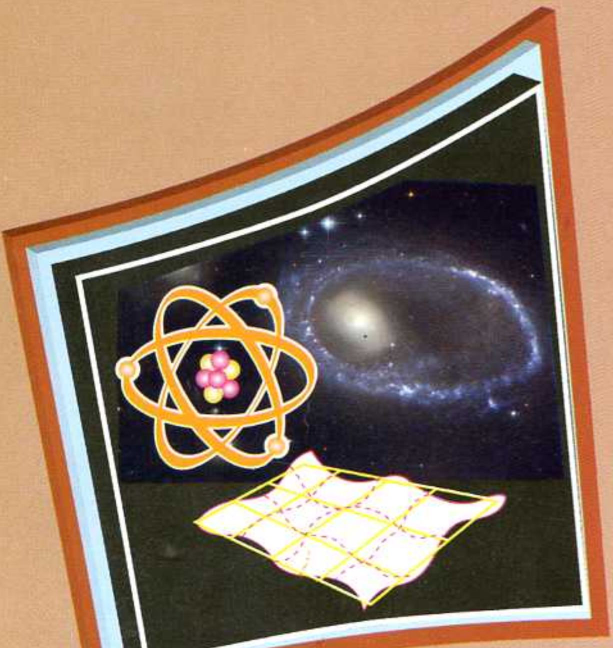
Е. А. Марон

ФИЗИКА

ОПОРНЫЕ КОНСПЕКТЫ И РАЗНОУРОВНЕВЫЕ ЗАДАНИЯ



10

Е. А. Марон

Опорные конспекты и разноуровневые задания

Физика. 10 класс

VICTORY

Санкт-Петербург

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3
М28

Е.А. Марон, кандидат пед. наук, учитель физики.
(Автор-составитель).

М28 Опорные конспекты и разноуровневые задания. Физика. 10 класс. — СПб.: ООО «Виктория плюс», 2013. — 96 с.

ISBN 978-5-91673-022-7

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3

По вопросам приобретения просьба обращаться:
Заказы по Санкт-Петербургу и России:
(812) 292-36-60, 292-36-61
E-mail: victory@mailbox.alkor.ru

В Москве: Филиал
(499) 488-30-05

Налоговая льгота — Код 95 3000 ОК 005-93 (ОКП).

Подписано в печать 07.08.13
Формат 84×108 1/32. Тираж 1 000 экз. Заказ № 09.64

ООО «Виктория плюс»
196605, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское ш., д. 13/1

Отпечатано в ООО «СЗПД-ПРИНТ».
188300, Ленинградская обл., г. Гатчина,
ул. Железнодорожная, д. 45-Б

ISBN 978-5-91673-022-7

Предисловие

Пособие содержит комплект опорных конспектов и разноуровневых заданий, охватывающих все основные темы курса физики 10 класса. Конспекты и задания могут применяться учителем при изложении нового материала, в ходе опроса, в процессе систематизации знаний, при подготовке к ЕГЭ.

Разноуровневые задания подобраны по степени возрастания сложности: простые (задания уровня «А»), средние (задания уровня «В») и повышенной сложности (задания уровня «С»). Учащиеся имеют возможность самостоятельно или с помощью учителя выбирать группу заданий, постепенно переходя к решению более сложных заданий.

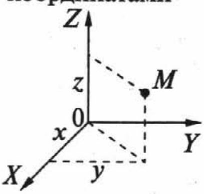
Пособие предназначено для 10 класса общеобразовательных учебных заведений и может быть использовано при повторении пройденного материала и при подготовке к Единому Государственному Экзамену по физике.

Автор-составитель:
Е.А. Марон,
кандидат пед. наук, учитель физики.

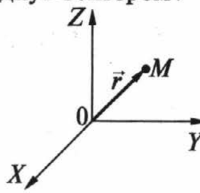
(ОК–10.1) МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Положение тела в пространстве задается:

координатами

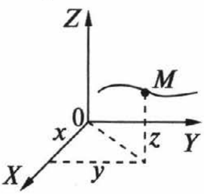


радиус-вектором $\vec{r}$



Способы описания движения:

координатный

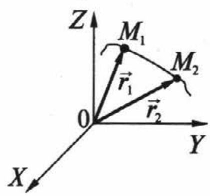


$x = x(t),\ y = y(t),\ z = z(t)$

кинематические уравнения движения

(координатная форма)

векторный



$\vec{r} = \vec{r}(t)$

кинематическое уравнение движения

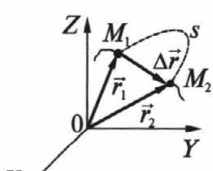
(векторная форма)

Тело отсчета (ТО) – тело, относительно которого определяется положение других тел.

Траектория – линия, образованная множеством точек, через которые проходит движущаяся частица.

Система отсчета (СО) – ТО + система координат + часы.

Перемещение тела – вектор, проведенный из начального положения тела в его конечное положение.



$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$

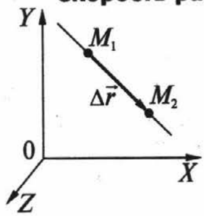
$\Delta\vec{r}$ – перемещение тела

s – длина пути

(ОК–10.2) РАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

движение, при котором за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.

Скорость равномерного прямолинейного движения



$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

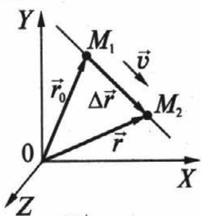
СИ: $[v] = [1\ \text{м/с}]$

v – модуль скорости (расстояние, пройденное телом за единицу времени)

Уравнение равномерного прямолинейного движения

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$$

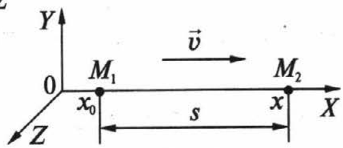
векторная форма



$$x = x_0 + v_x t$$

координатная форма

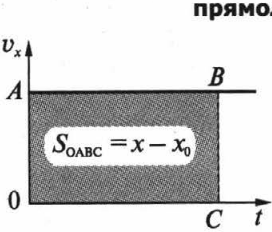
x – координата тела
x_0 – начальная координата тела
v_x – проекция скорости тела на ось $0X$

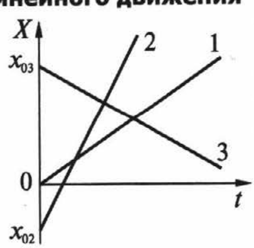


$s = |x - x_0| = |v_x|t = vt$

s – путь, пройденный точкой

Графическое представление равномерного прямолинейного движения



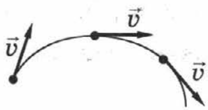


1: $x_{01} = 0$; $v_{x1} > 0$
2: $x_{02} < 0$; $v_{x2} > 0$
3: $x_{03} > 0$; $v_{x3} < 0$
$v_{x2} > v_{x1}$

(ОК–10.3) НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Мгновенная скорость

скорость частицы в данный момент времени.



$\vec{v}_{мгн} \parallel$ касательной к траектории

Классический закон сложения скоростей

векторная форма

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}$$

координатная форма

$$v_{2x} = v_{1x} + v_x$$
$$v_{2y} = v_{1y} + v_y$$

Ускорение

показывает, как быстро изменяется скорость.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

СИ: $[a] = [1\ м/с^2]$

a – ускорение
v_0 – начальная скорость
v – конечная скорость
Δv – изменение скорости за время Δt

Равноускоренное движение (р/у) $\Rightarrow v\uparrow$
Равнозамедленное движение (р/з) $\Rightarrow v\downarrow$

Уравнение скорости ($a =$ const)

векторная форма

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$



координатная форма

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$
$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

Кинематические уравнения движения

векторная форма

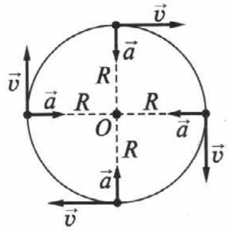
$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

координатная форма

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$
$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}$$

ОК–10.4

РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ



$$a = \frac{v^2}{R}$$

$\vec{a} \parallel R$

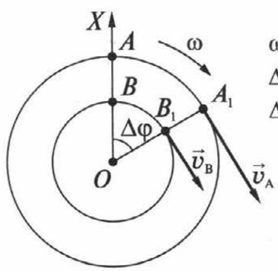
$\vec{a} \perp \vec{v}$

$\vec{v} \parallel$ касательной к траектории

a – **центростремительное ускорение**

R – радиус окружности

Вращательное движение твердого тела



$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ – **угловая скорость**, $[\omega] = [\text{рад/с}]$,

$\Delta\varphi$ – угол поворота тела,

Δt – промежуток времени, за который произошел поворот.

$$\nu = \frac{n}{t}$$

ν – **частота обращения** (число полных оборотов за 1 с),

n – число полных оборотов за время t

$[\nu] = [1\ \text{Гц}] = [1\ \text{с}^{-1}]$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

T – **период обращения** (время одного полного оборота)

$[T] = [1\ \text{с}]$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$$

$$v = \omega R \rightarrow a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = v\omega$$

(ОК–10.5)

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Принцип причинности в механике:
изменение скорости тела (ускорение) всегда вызывается воздействием на него каких-либо других тел.

$a = 0$ → $v = 0$
$a = 0$ → $v = \text{const}$



Действие тел **компенсируется**

Первый закон Ньютона

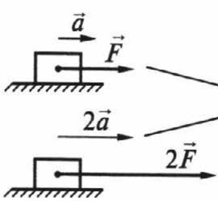
> Существуют ИСО, относительно которых тело движется прямолинейно и равномерно, если на него не действуют другие тела или действие этих тел скомпенсировано.

Второй закон Ньютона

Сила – мера воздействия, оказываемого на данное тело в результате которого тело получает ускорения или испытывает деформацию.

Сила
- векторная величина
- $\Sigma\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots \vec{F}_n$ – принцип суперпозиции сил
- причина появления a
- измерительный прибор **динамометр**
- СИ: $[F] = [1\ \text{Н}] = [1\ \text{кг} \cdot 1\ \text{м/с}^2]$

1 Н сила, которая телу $m = 1$ кг сообщает $a = 1$ м/с²



Из опыта: $a \sim F \rightarrow \dfrac{F}{a} = \text{const} \rightarrow m = \dfrac{F}{a}$

Масса (m) – мера инертности (способность тела приобретать a)

СИ: $[m] = [1\ \text{кг}]$

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}}$$ **второй закон Ньютона**

$$\boxed{m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots}$$

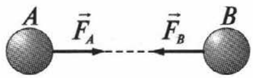
ОК–10.6

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА
(продолжение)

Любое действие тел друг на друга – ВЗАИМОдействие!!!

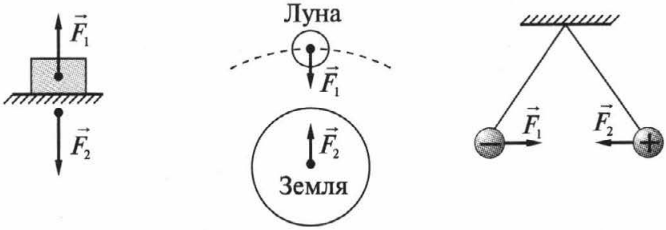
Третий закон Ньютона

> Силы взаимодействия двух тел всегда равны по модулям и направлены в противоположные стороны вдоль соединяющей их прямой.



$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

Примеры проявления



Силы взаимодействия

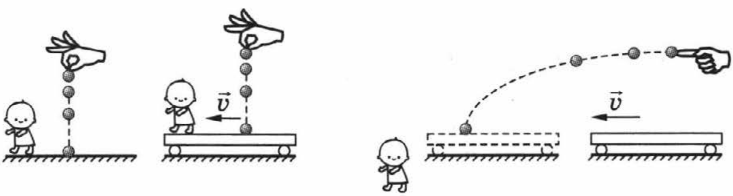
- Одной физической природы
- Приложены к разным телам
- Не уравновешивают друг друга

По второму закону Ньютона:

$$\left.\begin{matrix} m_1\vec{a}_1 = \vec{F}_1 \\ m_2\vec{a}_2 = \vec{F}_2 \end{matrix}\right\} \longrightarrow m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2 \rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} = \text{const}$$

Принцип относительности Галилея

Во всех ИСО законы физики имеют один и тот же вид.



(ОК–10.7) ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Гравитационное взаимодействие – между всеми телами.

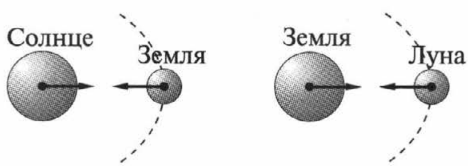
Электромагнитное взаимодействие – между заряженными частицами.

Ядерное взаимодействие – между частицами в атомных ядрах.

Слабые взаимодействия – взаимные превращения элементарных частиц друг в друга, радиоактивный распад ядер, реакции термоядерного синтеза.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

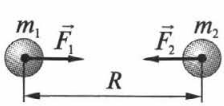
Сила всемирного тяготения



Закон всемирного тяготения

(И. Ньютон – 1667 г.)

> Сила гравитационного притяжения любых двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

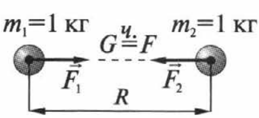


$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$$

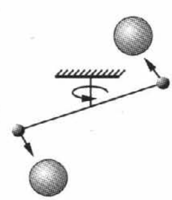
Границы применимости:
- материальных точек,
- шаров,
- шара большого R и тела.

Гравитационная постоянная

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}$$



Опыт Г. Кавендиша (1798 г.)

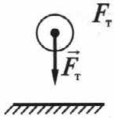


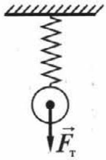
(ОК–10.8)

СИЛА ТЯЖЕСТИ

сила, с которой Земля притягивает находящиеся вблизи тела

$\vec{F}_т = m\vec{g}$





$F_т = mg$ → $g = G\dfrac{M_З}{R_З^2}$

$F_т = G\dfrac{mM_З}{R^2}$ → $g = G\dfrac{M_З}{R_З^2}$

$g = G\dfrac{M_З}{R_З^2}$ ↓ $g_h = G\dfrac{M_З}{(R_З+h)^2}$

$M_З$ – масса Земли, $R_З$ – радиус Земли

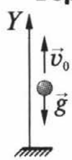
g – **ускорение свободного падения** на пов-ти Земли

g_h – **ускорение свободного падения** на высоте h над Землей

$g \approx 9{,}83$ м/с^2 – на полюсе, $g \approx 9{,}78$ м/с^2 – на экваторе

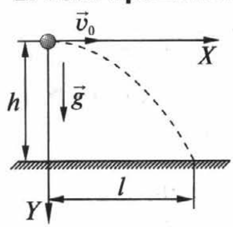
Движение под действием силы тяжести

1. Тело брошено вертикально вверх



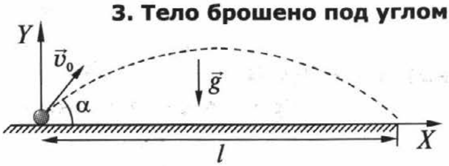
$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

2. Тело брошено горизонтально



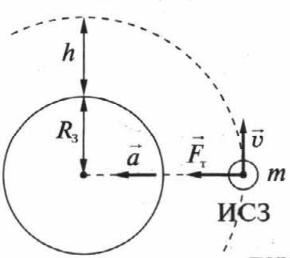
$$x = v_0 \cdot t$$
$$y = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

3. Тело брошено под углом к горизонту



$$x = v_0 \cos\alpha \cdot t$$
$$y = v_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Движение искусственных спутников



$$v = \sqrt{\frac{GM_З}{R_З+h}}$$

Если $h \to 0$ → $v_1 = \sqrt{\dfrac{GM_З}{R_З}}$

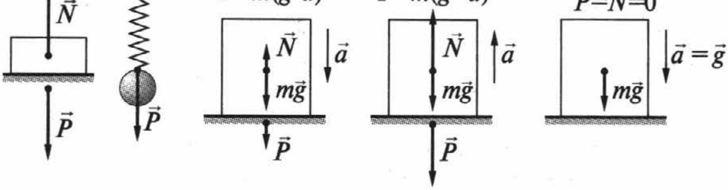
$v_1 \approx 8$ км/с

первая космическая скорость

(ОК-10.9) ВЕС ТЕЛА

сила, с которой тело действует на горизонтальную опору или растягивает подвес

$P=m(g-a)$ $P=m(g+a)$ **невесомость** $P=N=0$



СИЛЫ УПРУГОСТИ

Силы упругости возникают при деформации тел.

Деформация – изменение формы или объема тела.

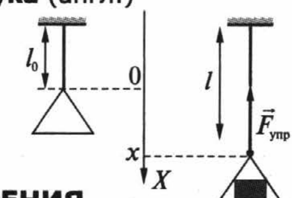


Закон Р. Гука (англ.)

$$F_{упр}=k|\Delta l|=k|x|$$

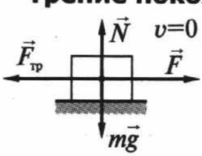
$\Delta l=l-l_0=x$ – удлинение тела

k – коэффициент упругости (жесткость)



СИЛЫ ТРЕНИЯ

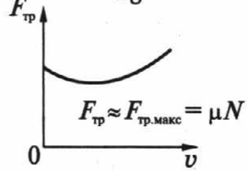
Трение покоя



$$F_{тр.макс}=\mu N$$

Трение скольжения



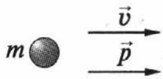


μ – коэффициент трения зависит от:
- материала поверхностей
- качества обработки поверхностей

$F_{тр.макс}$ не зависит от S соприкосновения тел

ОК-10.10 ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

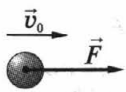
Импульс тела (p)



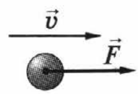
$$\vec{p} = m\vec{v}$$

СИ: $[p]$=[1 кг · м/с]

Второй закон Ньютона
(в импульсной форме)



$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$



через Δt

$\Delta\vec{p}$ – изменение импульса тела

$\vec{F}\Delta t$ – импульс силы

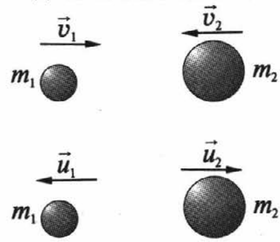
Закон сохранения импульса

$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = \text{const}$$

Если сумма внешних сил равна нулю, то импульс системы тел сохраняется.

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2$$

до взаимодействия



после взаимодействия

Реактивное движение

$m_р = m_{об} + m_г$

в момент старта: $p = 0$

$0 = m_{об}\vec{v}_{об} + m_г\vec{v}_г$

$$v_{об} = -\frac{m_г}{m_{об}} v_г$$

ракеты, реактивные самолеты



К. Э. Циолковский

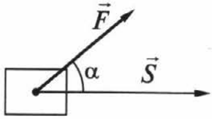
С. П. Королев (ИСЗ – 1957 г.)

Ю. Гагарин (12 апреля 1961 г.)

(ОК–10.11) РАБОТА СИЛЫ. МОЩНОСТЬ

Работа силы (A)

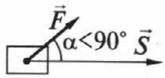
процесс перемещения тела под действием приложенной к нему силы



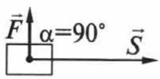
$$A = F S \cos\alpha$$

СИ: $[A]$=[1 Дж = 1 Н·м]

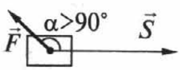
1 кДж = 1000 Дж



$\cos\alpha > 0 \rightarrow A > 0$

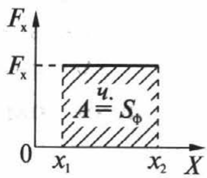


$\cos\alpha = 0 \rightarrow A = 0$



$\cos\alpha < 0 \rightarrow A < 0$

Графическое представление работы



Мощность (N)

характеризует быстроту совершения работы

$$N = \frac{A}{t}$$

СИ:

$[N]$=[1 Вт = 1 Дж/с]

$$N = F\frac{S}{t}\cos\alpha = F v \cos\alpha$$

1 Вт (Ватт) – работа в 1 Дж совершается за 1 с

1 гВт (гектоватт)= 100 Вт

1 кВт (киловатт)= 1000 Вт

1 МВт (мегаватт)= 1 000 000 Вт

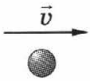
(ОК–10.12)

ЭНЕРГИЯ

характеризует способность тела или системы тел совершать механическую работу.

Кинетическая энергия ($E_к$)

энергия движения



$$E_к=\frac{mv^2}{2}$$

$$A=E_{к2}-E_{к1}=\Delta E_к$$

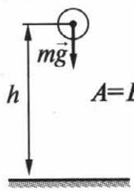
теорема о кинетической энергии

Потенциальная энергия ($E_п$)

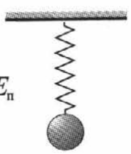
энергия взаимодействия

$E_п$ взаимодействия тела и Земли

$E_п$ упруго деформир. тела



$$A=E_{п1}-E_{п2}=-(E_{п2}-E_{п1})=-\Delta E_п$$



$$A=-\Delta E_p$$

$$E_п=mgh$$

$$E_п=\frac{kx^2}{2}$$

$E_п$ – имеет относительный характер!

$E_п=0$ – выбирается произвольно!

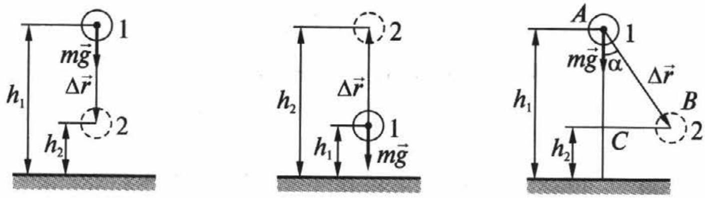
Закон сохранения механической энергии

$$E=E_к+E_п=\text{const}$$

В изолированной системе, в которой действуют консервативные силы, механическая энергия сохраняется.

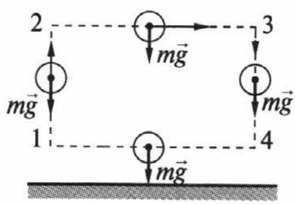
В неизолированной системе ($F_{тр}\neq 0$): $A_{\text{внешн. сил}}=\Delta(E_к+E_п)$

(ОК–10.13) РАБОТА СИЛЫ ТЯЖЕСТИ



$$A = mgh_1 - mgh_2$$

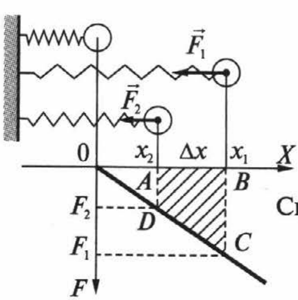
Работа силы тяжести:
- не зависит от формы траектории, по которой движется тело,
- определяется начальным и конечным положениями тела.



При движении тела по замкнутой траектории работа силы тяжести равна нулю.

Сила тяжести– **консервативная сила**

РАБОТА СИЛЫ УПРУГОСТИ



$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

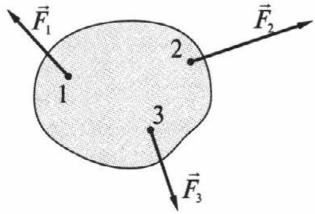
Сила упругости – **консервативная сила**

СТАТИКА

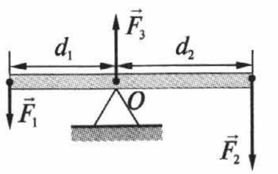
Первое условие равновесия твердого тела

Если твердое тело находится в равновесии, то геометрическая сумма внешних сил, приложенных к нему, равна нулю.

$$\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+...=0$$



Второе условие равновесия твердого тела



$$M=\pm F\,d$$

Момент силы

Плечо силы (d) – кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.

$M_1=F_1d_1>0$ – против часовой стрелки

$M_2=F_2d_2<0$ – по часовой стрелке

$M_3=F_3d_3=0$ ($d_3=0$)

$$M_1+M_2+M_3+...=0$$

При равновесии твердого тела сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

(ОК-10.15) ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ

Все вещества состоят из частиц

(док-во: фотографии крупных молекул)

Размеры молекул: $d_{атома} \approx 10^{-8}$ см

Число молекул: В капле H_2O массой 1 г $\rightarrow 3{,}7 \cdot 10^{22}$ молекул

Масса молекулы (H_2O): $m_0 \approx 10^{-23}$ г

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}\, m_{0C}}$$

M_r – относительная молекулярная (атомная) масса
m_0 – масса молекулы (атома)
m_{0C} – масса атома углерода

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

ν – **количество вещества**
N – число молекул в данном теле
N_A – число атомов в 1/12 массы атома C

СИ: $[\nu] = [1$ моль$]$

1 моль – количество вещества, в котором содержится столько же молекул или атомов, сколько содержится атомов в 12 г углерода.

$$N_A \approx 6 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}$$

постоянная Авогадро

(число атомов в 1 моле любого вещества)

$M = m_0 N_A$ – **молярная масса** (масса 1 моля вещества)

$m = m_0 N$

$\nu = \dfrac{N}{N_A}$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

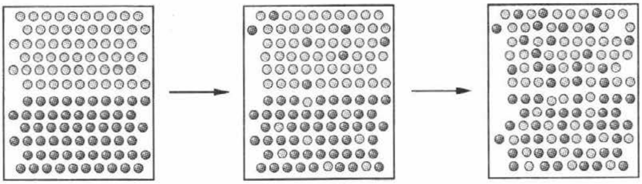
$$N = \nu N_A = N_A \frac{m}{M}$$

(ОК–10.16) ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ

(продолжение)

Частицы беспорядочно движутся

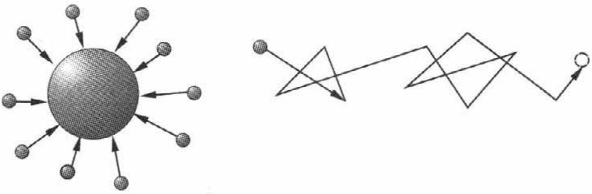
Диффузия – перемешивание газов, жидкостей и тв. тел при их непосредственном контакте



Броуновское движение (Р. Броун англ. 1827 г.) – тепловое движение взвешенных в жидкости (или газе) частиц.

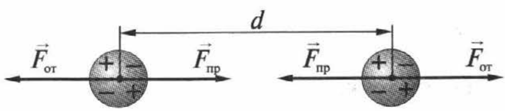
(↑интенсивность БД с ↑t°)

- 1905 г. А. Эйнштейн - МКТ броуновского движения
- опыты Ж. Перрена (фр.)



Частицы взаимодействуют друг с другом

электромагнитное взаимодействие электронов и ядер соседних атомов



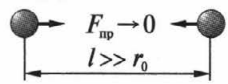
$r > d \rightarrow$ притяжение, $r < d \rightarrow$ отталкивание

(ОК–10.17) СТРОЕНИЕ ГАЗОВ, ЖИДКОСТЕЙ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

ГАЗЫ

– не имеют собственной формы и постоянного объема
– полностью заполняют предоставленный объем
– легко изменяют объем и форму
– молекулы расположены далеко друг к другу
– молекулы почти не притягиваются друг к другу

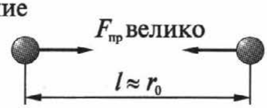




ЖИДКОСТИ

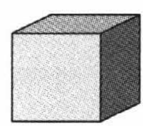
– принимает форму сосуда, в котором находится
– легко меняет форму
– сохраняет объем (трудно изменить)
– молекулы расположены близко друг к другу
– молекулы не расходятся на большие расстояния
– притяжение между молекулами не очень сильное
– молекулы скачками меняют положение
– жидкости текучи

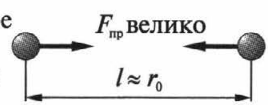




ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

– имеет форму и объем
– трудно изменить форму и объем
– молекулы (атомы) расположены в строгом порядке (кристаллы), близко друг к другу
– между молекулами (атомами) сильное притяжение
– молекулы (атомы) колеблются около определенной точки





(ОК–10.18) ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МКТ ГАЗОВ

Идеальный газ – модель реального газа.

Молекулы ИГ:
- материальные точки
- взаимодействие только при столкновениях
- сталкиваясь со стенкой оказывают давление на нее

Основное уравнение МКТ газов

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

$n = \frac{N}{V}$ – концентрация молекул

$\overline{v^2}$ – среднее значение квадрата скорости

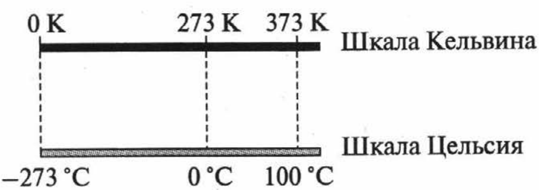
$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

$\bar{E} = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$ средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул

ТЕМПЕРАТУРА

характеризует состояние теплового равновесия системы тел

Абсолютная шкала температур
(шкала У. Кельвина – англ.)



$$T = t + 273$$

$\Delta T\,(\text{K}) = \Delta t\,(^\circ\text{C})$

Уравнение Больцмана
(для газов, жидкостей и тв. тел)

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$$

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
постоянная Л. Больцмана

$$p = nkT$$

закон Авогадро

> В равных объемах газов при одинаковых T и p содержится одинаковое число молекул

ОК–10.19

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

(уравнение Менделеева – Клапейрона)

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$R = 8{,}31$ Дж /(моль · К)

универсальная газовая постоянная

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = \text{const}$$

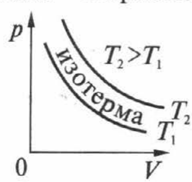
$m, M = \text{const}$

уравнение Клапейрона

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

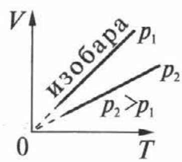
Изотермический процесс (закон Бойля – Мариотта)

$pV = \text{const}$ $\quad T, m, M = \text{const}$



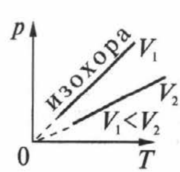
Изобарный процесс (закон Гей-Люссака)

$V = \text{const} \cdot T$ $\quad p, m, M = \text{const}$



Изохорный процесс (Закон Шарля)

$p = \text{const} \cdot V$ $\quad V, m, M = \text{const}$



(ОК–10.20) ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

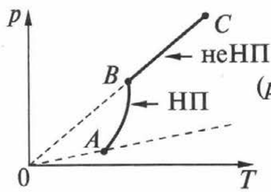
ЖИДКОСТЬ $\xrightarrow{\text{парообразование}}$ **ПАР** $\xrightarrow{\text{конденсация}}$ **ЖИДКОСТЬ**

$v_{\text{исп.}} = f$(рода ж., T, S пов-ти, ветра)
- – вылетают энергичные мол-лы
- – **И** при любой T
- – **И** со свободной пов-ти жидкости



Насыщенный пар

пар, находящийся в ДР со своей жидкостью.



$p_{\text{н.п.}} = nkT$

($p_{\text{н.п.}}\uparrow$ за счет $\uparrow n$ и $\uparrow T$)

$p_{\text{н.п.}} = f(T)$

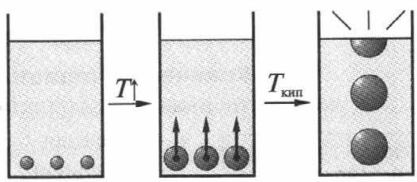
$p_{\text{н.п.}} \neq f(V)$



Кипение

$T_{\text{кип}}$ зависит от:
- рода ж.
- $p_{\text{внешн}}$

при $\uparrow p_{\text{внешн}} \Rightarrow \uparrow T_{\text{кип}}$



кипение
$p_{\text{нп}} = p_{\text{ж}}$

Влажность воздуха

содержание водяного пара в воздухе

Парциальное давление водяного пара – p водяного пара, если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность (φ)

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}}} 100\%$$

p – парц. давление водяного пара при данной T

$p_{\text{н.п.}}$ – давление насыщенного пара при той же T

Прибор: психрометр

ОК-10.21

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

$$U = \Sigma E_{\text{км}} + \Sigma E_{\text{пм}}$$

U – внутренняя энергия

$E_{\text{км}}$ – кинетическая энергия беспорядочного движения мол–л

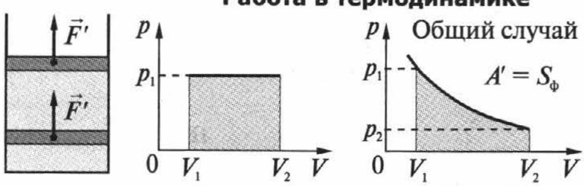
$E_{\text{пм}}$ – потенциальная энергия взаимодействия мол–л

Внутрення энергия идеального одноатомного газа

$$U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT \qquad U = f(T, V)$$

Способы ΔU → совершение A; → теплопередача

Работа в термодинамике



$$A = -A' = -p\Delta V$$

A' – работа газа

A – работа внешних сил

Количество теплоты (Q)

количественная мера ΔU при теплообмене

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$$

при нагревании или охлаждении

t_2 – конечная t

t_1 – начальная t

$[c]$=[Дж/кг·К]

удельная теплоемкость

$$Q_{\text{п}} = rm \qquad Q_{\text{к}} = -rm$$

при парообразовании или конденсации

$[r]$=[Дж/кг]

удельная теплота парообразования

$$Q_{\text{пл}} = \lambda m \qquad Q_{\text{кр}} = -\lambda m$$

при плавлении или кристаллизации

$[\lambda]$=[Дж/кг]

удельная теплота плавления

ОК–10.22 ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Закон сохранения энергии

Р. Майер (нем.), Д. Джоуль (англ.), Г. Гельмгольц (нем.) – XIX в.

> Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.

Первый закон термодинамики

> Изменение внутренней энергии системы при переходе из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе.

$$\boxed{\Delta U = A + Q} \quad A = -A' \rightarrow Q = \Delta U + A'$$

Для изолированной системы ($A=0$, $Q=0$): $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$

Применение первого закона термодинамики к различным процессам

Изохорный процесс ($\Delta V=0$; $A'=0$)

при $T\uparrow \rightarrow \begin{cases} \Delta U > 0 \\ U\uparrow \\ Q > 0 \end{cases}$ $\boxed{Q = \Delta U}$ при $T\downarrow \rightarrow \begin{cases} \Delta U < 0 \\ U\downarrow \\ Q < 0 \end{cases}$

Изотермический процесс ($T=\text{const}$; $\Delta U=0$)

при $V\uparrow \rightarrow \begin{cases} A' > 0 \\ Q > 0 \end{cases}$ $\boxed{Q = A'}$ при $V\downarrow \rightarrow \begin{cases} A' < 0 \\ Q < 0 \end{cases}$

Изобарный процесс ($p=\text{const}$)

$$\boxed{Q = \Delta U + A'}$$

Адиабатный процесс ($Q=0$)

$$\boxed{\Delta U = A}$$

Теплообмен в изолированной системе

($\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \ldots = 0$)

$$\boxed{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots = 0}$$

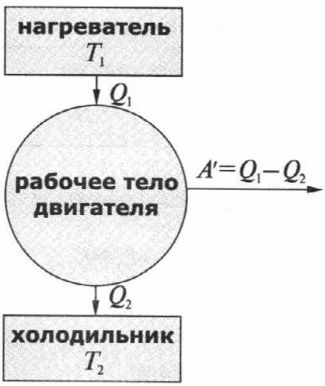
уравнение теплового баланса

ОК–10.23

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тепловые двигатели

устройства, превращающие внутреннюю энергию топлива в механическую.



КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$\eta < 1$

$\eta \approx 40\%$ – паровых турбин

$\eta \approx 44\%$ – двигатели Дизеля

Идеальная тепловая машина

(Сади Карно фр. – 1824 г.)

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$\eta_{max} \geq \eta_{реальн}$ Рабочее тело – идеальный газ

(ОК–10.24) ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА. ЗАКОН КУЛОНА

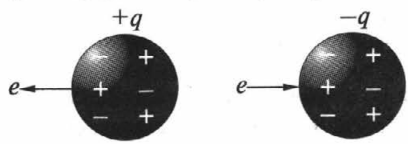
Электрический заряд (q)

Два знака электрических зарядов: электрон e (–), протон p (+)



Элементарный электрический заряд: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Электризация тел: трение, соприкосновение



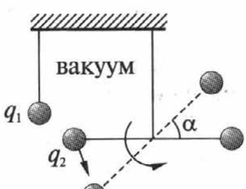
Закон сохранения электрического заряда

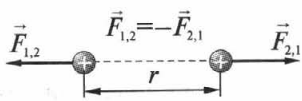
$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = \text{const}$$

Закон Кулона (1785 г.)

$$F = k\,\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \qquad k = 9 \cdot 10^9\ \text{Н·м}^2/\text{Кл}^2$$

Опыт Кулона (крутильные весы)





СИ: $[q]$=[1 Кл] 1 Кл – заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А.

(ОК–10.25) ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

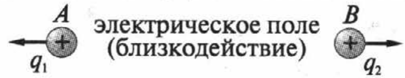
Близкодействие **Дальнодействие**



Электрическое поле

М. Фарадей (англ.) – идея, Дж. Максвелл (англ.) – теория

$t=\frac{AB}{c}$



t – время передачи электромагнитных взаимодействий

c=300 000 км/с – скорость распространения э/м взаимодействий

Электрическое поле:

– **материально** (радиоволны)

– **создается зарядами**

– главное свойство: **действует на q с некоторой F**

Напряженность электрического поля (E)

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{|q|} \qquad \vec{F}=q\vec{E}$$

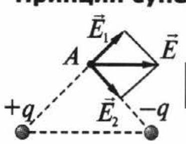


[E]=[1 Н/Кл]

$$E_т=k\frac{|q_0|}{r^2}$$

$E_т$ – напряженность поля точечного q_0

Принцип суперпозиции полей **Поле заряженного шара**



$$\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\vec{E}_3+...$$

$$E_ш=k\frac{|q|}{r^2}$$



$r\geq R_ш$

Внутри шара E=0

Силовые линии (линии напряженности) электрического поля



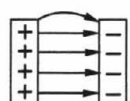
Силовые линии:

– не замкнуты

– не пересекаются

– начало на $+q$ конец на $-q$

– непрерывны

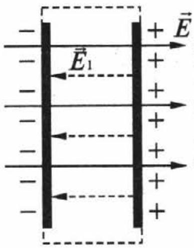


$\vec{E}$=const однородн. эл. поле

(ОК–10.26)

ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

(свободные q – электроны)



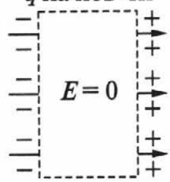
электростатическая индукция

На $e \to F = eE \to I \to \vec{E} = -\vec{E}_1$

(E – напряженность внешнего поля

E_1 – напряженность поля, созданная перераспределением q)

q на пов-ти



электростатическая защита

ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

(связанные q)

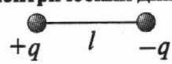
Полярные диэлектрики

(спирты, H_2O)

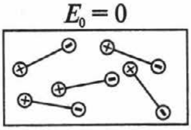
у мол-л центры распределения $+q$ и $-q$ не совпадают

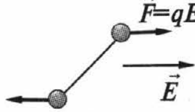


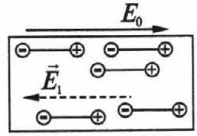
электрический диполь



Поляризация полярных диэлектриков





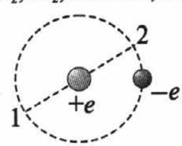


$E = E_0 - E_1$

Неполярные диэлектрики

(инертные газы, O_2, H_2, бензол, полиэтилен)

у мол-л центры распределения $+q$ и $-q$ совпадают



1 оборот за 10^{-15} с

Поляризация неполярных диэлектриков

молекулы растягиваются



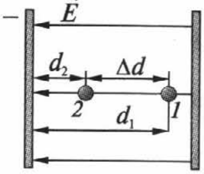


$E = E_0 - E_1$

ОК-10.27

ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Работа электростатического поля



A – не зависит от формы траектории

На замкнутой траектории $A=0$

$A = qE(d_1-d_2)=qE\Delta d \quad A=-(W_{п2}-W_{п1})=-\Delta W_п$

$$W_п=qEd$$

Потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле

Потенциал (φ)

$$\varphi=\frac{W_п}{q}$$ φ зависит от выбора, где $W_п=0$ (пластина $-q$)

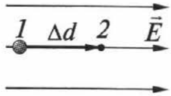
Разность потенциалов (напряжение) U

$A=-(W_{п2}-W_{п1})=-q(\varphi_2-\varphi_1)=q(\varphi_1-\varphi_2)=qU$

$$U=\varphi_1-\varphi_2=\frac{A}{q}$$ не зависит от выбора, где $W_п=0$

СИ: $[\varphi, U]$=[1 В]=[1 Дж/Кл]

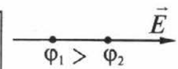
Связь между E и U



$A=qE\Delta d$

$A=q(\varphi_1-\varphi_2)=qU$

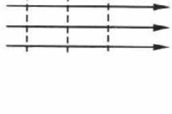
$$E=\frac{U}{\Delta d}$$

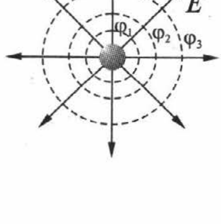


Эквипотенциальные поверхности (ЭПП)

поверхности равного φ

$\varphi_1=\varphi_2 \rightarrow A=q(\varphi_1-\varphi_2)=0 \rightarrow \cos\alpha=0 \rightarrow$ ЭПП $\perp$силовым линиям







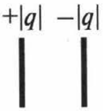
поверхность любого проводника – ЭПП

OK-10.28

ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ

(C)

характеризует способность проводников накапливать q



$$C=\frac{q}{U}$$

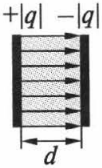
Электроемкость определяется:
- геометрическими размерами проводников
- формой проводников
- взаимным расположением проводников
- электр. свойствами окружающей среды

Электроемкость не зависит от q и U

СИ: $[C]$=[1 Ф]=[1 Кл/В]   1 мкФ=10^{-6} Ф   1 пФ=10^{-12} Ф

КОНДЕНСАТОРЫ

два проводника (обкладки), разделенные слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников



$$C=\frac{q}{U}$$

$|q|$ – заряд конденсатора

Конденсаторы:
- способны накапливать большой q
- C не зависит от соседства с другими телами (все поле внутри)

Электроемкость плоского конденсатора

$C \sim \begin{cases} S \text{ – площадь пластин} \\ \frac{1}{d} \text{ – расстояние между пластинами} \\ \text{свойств диэлектрика между пластинами} \end{cases}$

Типы конденсаторов:

бумажные, электролитические, слюдяные, керамические

Применение: лампа вспышка, лазеры, радиотехника

Энергия заряженного конденсатора

$$W_п=q\frac{E}{2}d=\frac{qU}{2}=\frac{q^2}{2C}=\frac{CU^2}{2}$$

Энергия электр. поля

$W_р=\frac{CU^2}{2}$ $U=Ed$

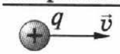
↘ ↙

$W_р \sim E^2$

(ОК–10.29) ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц

направление эл. тока



Действие тока

тепловое — химическое — магнитное

Сила тока (I)

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt

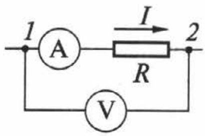
СИ: $[I]$=[1 А]=[1 Кл/с]

измеряют **амперметром** (А)

ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

$$I=\frac{U}{R}$$

Г. Ом (нем.)



СИ:

$[R]$=[1 Ом]=[1 В/А]

$[\rho]$=[1 Ом·м]

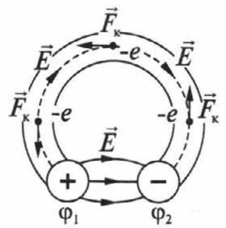
Сопротивление (R) $R=\rho\frac{l}{S}$

ρ – удельное сопротивление проводника

l – длина проводника

S – поперечное сечение проводника

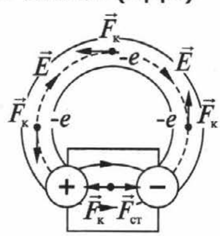
ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА (ЭДС)



I кратковременный

q нейтрализуют друг друга

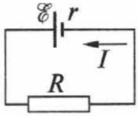
$\varphi_1=\varphi_2\rightarrow$ эл. поле исчезает



Внутри ИТ $-e$ движутся под действием $F_{ст}$ (сторонние силы) неэлектрического происхождения.

$$\mathscr{E}=\frac{A_{ст}}{q}$$ $[\mathscr{E}]$=[1 В]

(ОК–10.30) ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ



$$I = \frac{\mathscr{E}}{R+r}$$

r – внутреннее сопротивление ИТ
R – внешнее сопротивление
$R+r$ – полное сопротивление цепи

при $R \approx 0 \rightarrow I_{к.з.} = \frac{\mathscr{E}}{r}$ **КО**роткое **ЗА**мыкание



от – к + → $\mathscr{E} > 0$

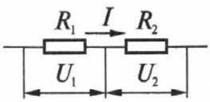
$\mathscr{E} = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 + \mathscr{E}_3 = |\mathscr{E}_1| - |\mathscr{E}_2| + |\mathscr{E}_3|$

$R_п = R + r_1 + r_2 + r_3$

(ОК–10.31) ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Соединение проводников

последовательное



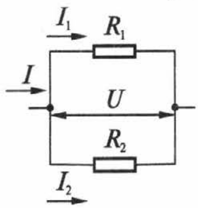
$I_1 = I_2 = I$

$U = U_1 + U_2$

$R = R_1 + R_2$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

параллельное



$I = I_1 + I_2$

$U = U_1 = U_2$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

(ОК–10.32) РАБОТА ПОСТОЯННОГО ТОКА

$A = \Delta q U$, $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ → $\boxed{A = IU\Delta t}$

$$A = IU\Delta t = I^2 R\Delta t = \frac{U^2}{R}\Delta t$$

Закон Джоуля–Ленца

$$\boxed{Q = I^2 R\Delta t}$$

МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

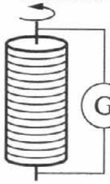
$$\boxed{P = \frac{A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}}$$

ОК-10.33 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ

Носители свободных q – электроны ($n = 10^{28}$ 1/м3, $v \approx 10^{-4}$ м/с)

Экспериментальное доказательство существования свободных ***e***

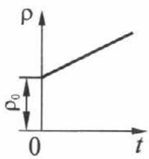
Опыты: Л. Мандельштам и Н. Папалекси (1913 г.),
Б. Стюарт и Р. Толмен (1916 г.)



$v_e \sim E$

катушку → в быстрое вращение →
резко останавливают →
свободные q по инерции продолжают движение →
в катушке появляется I
направление I → движутся $-q$
$|q|/m = e/m = 1{,}8 \cdot 10^{11}$ Кл/кг → частицы=электроны!

Зависимость сопротивления проводника от температуры



$$R = R_0(1+\alpha t)$$
$$\rho = \rho_0(1+\alpha t)$$

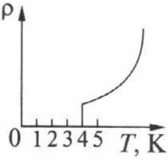
R_0, ρ_0 – при 0 °С
R, ρ – при t

α – температурный коэффициент сопротивления
для чистых металлов: $\alpha \approx 1/273$ К$^{-1}$

Применение: термометры сопротивления
(для измерения низких и высоких t)

Сверхпроводимость

Х. Камерлинг-Оннес гол. (1911 г.)



$T_к$ – критическая температура
Для ртути $T_к = 4$ К

Объяснение сверхпроводимости (1957 г.):
Дж. Бардин, Л. Купер, Дж. Шиффер – амер.
Н. Боголюбов – сов.

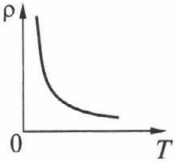
1986 г. открыта высокотемпературная сверхпроводимость

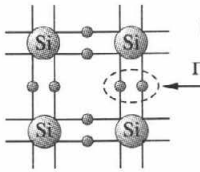
(ОК–10.34)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Строение полупроводников

Si, Ge, Se, PbS, CdS...



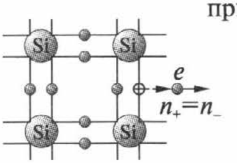


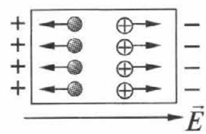
Si – 4–валентный элемент

прочная ковалентная связь (парноэлектронная)

Собственная электронно-дырочная проводимость п/п

при $\uparrow T \rightarrow \uparrow n_+$ и $\uparrow n_- \rightarrow \downarrow R$





$-q$ ● – электрон

$+q$ ⊕ – дырка

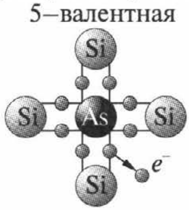
собственная проводимость п/п мала:

при комнатной t в Ge: $n_e = 3 \cdot 10^{13}$ см$^{-3}$, $n_{ат} \approx 10^{13}$ см$^{-3}$

Примесная проводимость полупроводников

донорная примесь

5–валентная



$n_+ << n_-$

электронная проводимость

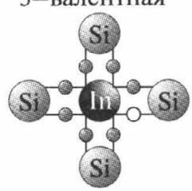
п/п n-типа

● – основные носители q

⊕ – неосновные носители q

акцепторная примесь

3–валентная



$n_+ >> n_-$

дырочная проводимость

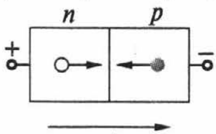
п/п p-типа

● – неосновные носители q

⊕ – основные носители q

ОК–10.35 КОНТАКТ ПОЛУПРОВОДНИКОВ *p*- и *n*-типов

прямой p–n переход



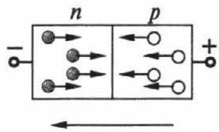
$\vec{E}$

R_{p-n} велико

$I \to 0$

создается неосновными носителями q, которых мало

обратный p–n переход



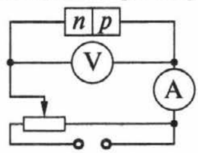
$\vec{E}$

R_{p-n} мало

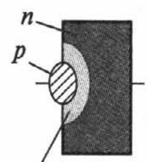
I велика

создается основными носителями q, которых много





Полупроводниковый диод



p–n – переход для выпрямления ~ I



– высокий КПД
– малые размеры и масса
– длительный срок службы
– высокая механ. прочность
– надежность

Транзисторы



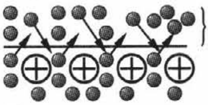
– $U_{э-б}$ → ○ из Э → Б (неосн. q)
– т.к. толщина Б мала → ○ в К
– цепь замыкается → I

ОК-10.36 ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ И ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

Вакуум – длина свободн. пробега частиц больше размеров сосуда

Термоэлектронная эмиссия

вылет свободных электронов с поверхности металлов при $\uparrow T$



С $\uparrow T \Rightarrow \uparrow \rho$ электр. облака

Вакуумный диод

(для выпрямления электр. тока)



Электронные пучки

Свойства и применение:

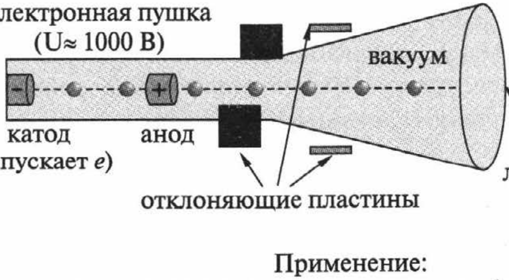
– при попадании на тела, вызывают их нагревание (электронная плавка в вакууме сверхчистых металлов)

– при торможении быстрых *е*, попадающих на вещество, возникает рентгеновское излучение (рентгеновские трубки)

– некоторые вещества (стекло, сульфиды цинка и кадмия), бомбардируемые *е*, светятся (люминофоры)

– отклоняются электрическим и магнитным полем (в электронно-лучевых трубках)

Электронно-лучевая трубка



Применение:

в кинескопах телевизоров, осциллографах, дисплеях.

ОК–10.37

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ

Жидкости →
- диэлектрики (дистиллированная вода)
- проводники (растворы и расплавы электролитов)
- п/проводники (расплавл. Se, расплавы сульфидов)

Электролитическая диссоциация

распад мол-л электролитов на ионы под действием растворителя

Степень диссоциации

доля молекул в растворенном в–ве, распавшихся на ионы

$f(T, n$ раствора, электр. св–в растворителя$)$

при $\uparrow T \rightarrow \uparrow$ степень диссоциации $\rightarrow \uparrow n_+$ и $\uparrow n_-$

Рекомбинация

(− ион) + (+ ион) → (нейтральная мол-ла)

Диссоциация=Рекомбинация

(динамическое равновесие)

Ионная проводимость

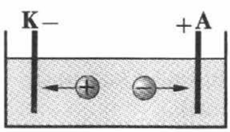
в растворах и расплавах электролитов

носители q: +ионы и −ионы

Электронная проводимость

в жидких металлах

носители q: электроны



Электролиз

На **К**: +ионы получают недостающие e^-

(восстановительная реакция)

На **А**: −ионы отдают лишние e^-

(окислительная реакция)

Применение электролиза:
- никелирование, хромирование, омеднение, золочение... (защита покрытия от коррозии)
- гальванопластика Б. С. Якоби (копии с рельефных поверхностей, матрицы в типографии)
- очистка металлов от примесей (получение чистых металлов)

Закон электролиза Фарадея

$$\boxed{m=kIt}$$

$[k]=[1$ кг/Кл$]$

электрохимический эквивалент

зависит от природы вещ-ва

физический смысл: $k=\frac{m_{0i}}{q_{0i}}$ m_{0i} – масса одного иона, q_{0i} – заряд одного иона

заряд электрона $e=\frac{M}{mnN_A}I\Delta t$

$e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл (опыт: 1874 г.)

ОК–10.38

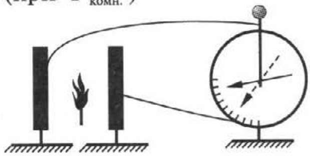
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ

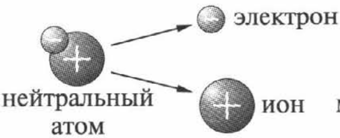
Электрический разряд в газе

процесс протекания электрического тока через газ

Газ – диэлектрик (при $T_{комн.}$)

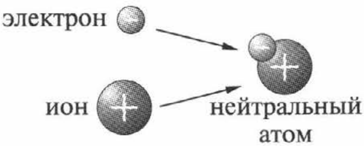
Ионизация газов:
– нагревание
– излучение (ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное...)





Ионизация

(под действием ионизатора
$\uparrow E_к$ мол-л → при столкн. распад
мол-л на ионы → газ=проводник)



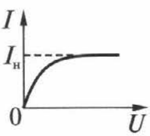
Рекомбинация

(действие ионизатора → 0)
газ=диэлектрик

Проводимость газов: **ионно-электронная**

Несамостоятельный разряд

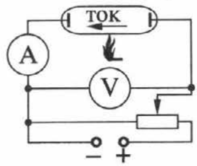
разряд, существ. только под действием внешн. ионизаторов



ионизатор

есть (при $\uparrow U \rightarrow \uparrow I \rightarrow I_н$)

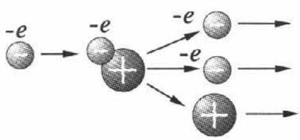
нет (I=0)



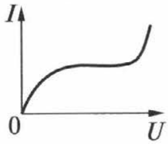
Самостоятельный разряд

разряд, сохр. после прекращения действия внешн. ионизаторов

при $\uparrow U \rightarrow \uparrow I$ (ионизация электронным ударом)



$$\frac{m_e v^2}{2} \ge A_i$$



Разноуровневые задания

1. Равномерное прямолинейное движение

Задания уровня «А»

1. Точка движется равномерно и прямолинейно в положительном направлении оси OX. В начальный момент времени точка имела координату $x_0 = -10$ м. Модуль ее скорости равен 2 м/с. Определите координату точки через 3 с от начала отсчета времени. Каков путь, пройденный точкой за это время?

2. При равномерном движении точки по оси OX ее координата за время $t_1 = 4$ с изменилась от $x_1 = 2$ м до $x_2 = -2$ м. Чему равны модуль и направление скорости точки?

3. При равномерном движении точки по прямой, совпадающей с осью OX, координата точки изменилась от $x_1 = 8$ м до $x_2 = -4$ м. Модуль скорости точки равен 4 м/с. Определите время, в течение которого произошло изменение координаты точки. Какой путь пройден точкой за это время?

4. Точка движется равномерно и прямолинейно в положительном направлении оси OX. В начальный момент времени точка имела координату $x_0 = -10$ м. Определите координату точки через 2 с от начала отсчета времени, если модуль ее скорости равен $v = 4$ м/с. Чему равен путь, пройденный точкой за это время?

5. При равномерном движении точки по прямой, совпадающей с осью OX, координата точки изменилась от $x_1 = 5$ м до $x_2 = -1$ м. Найдите время, в течение которого произошло изменение координаты, если модуль скорости точки равен $v = 6$ м/с. Какой путь пройден точкой за это время?

6. Расстояние между городами составляет 600 км. Одновременно из обоих городов навстречу друг другу выезжают два поезда, один со скоростью 80 км/ч, а другой — 70 км/ч. Определите время и место их встречи.

7. Два автомобиля движутся по дороге с постоянными скоростями 36 и 54 км/ч. Начальное расстояние между ними равно 1 км. Определите время, за которое второй автомобиль догонит первый.

8. Первую четверть своего пути поезд прошел со скоростью 60 км/ч. Его средняя скорость на всем пути составила 40 км/ч. Определите скорость поезда на оставшейся части пути.

9. Пассажир сидит у окна поезда, который идет со скоростью 54 км/ч. В течение какого времени пассажир будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, имеющий скорость 36 км/ч, если длина поезда 250 м?

10. Скорость велосипедиста равна 10 м/с, а скорость встречного ветра — 4 м/с. Какова скорость ветра относительно велосипедиста? Какой была бы скорость ветра относительно него, если бы ветер был попутный?

11. На рисунке 1 изображен график зависимости координаты тела от времени. а) Какова начальная координата тела. б) Чему равна координата тела в момент времени $t_1 = 3$ с? в) Определите модуль скорости тела. г). Запишите уравнение движения тела.

12. По графику зависимости координаты от времени для двух тел, изображенному на рисунке 2: а) запишите уравнения движения этих тел; б) определите, где и в какое время тела встретятся. Задание б) выполните аналитически (с помощью уравнений движения) и графически.

13. Даны уравнения движения двух тел: $x_1 = t$ и $x_2 = 12 - 3t$. Постройте графики зависимости координаты от времени для этих тел. Используя графики зависимости координаты тела от времени и уравнения их движения, определите, где и, когда тела встретятся.

14. По графику зависимости координаты от времени для двух тел, изображенному на рисунке 3: а) запишите уравнения

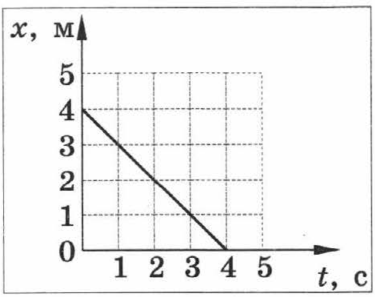


Рисунок 1

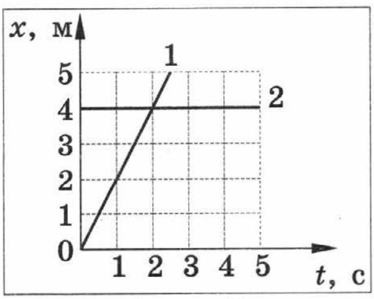


Рисунок 2

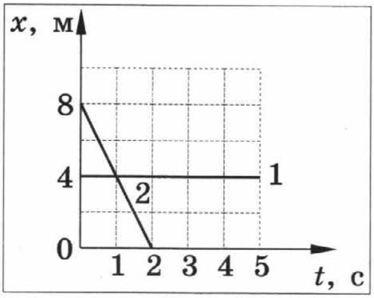


Рисунок 3

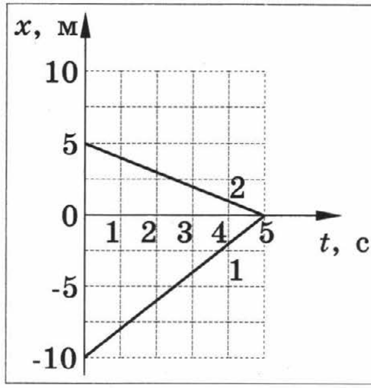


Рисунок 4

движения этих тел; б) определите, где и в какое время тела встретятся. Задание б) выполните аналитически (с помощью уравнений движения) и графически.

15. Имеются уравнения движения двух тел: $x_1 = 4 + 2t$ и $x_2 = 8 - 2t$. Постройте графики зависимости координаты от времени для этих тел. Используя графики зависимости координаты тела от времени и уравнения их движения, определите, где и, когда тела встретятся.

Задания уровня «В»

1. Из пункта A в пункт B выехала автомашина с постоянной скоростью 80 км/ч. Спустя 15 мин из пункта B в пункт A выехал велосипедист с постоянной скоростью 20 км/ч. Найдите место и время встречи автомашины и велосипедиста, если расстояние между пунктами A и B равно 55 км.

2. Автомобиль проехал половину пути со скоростью 60 км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени проехал со скоростью 15 км/ч, а последний участок — со скоростью 45 км/ч. Найдите среднюю скорость движения.

3. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 36$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него за $t = 6$ с. Какова длина второго поезда?

4. Автомобиль двигался из пункта A в пункт B со скоростью 40 км/ч, а обратно из B в A со скоростью 60 км/ч. Определите

среднюю путевую скорость автомобиля на всем пути и скорость перемещения, если автомобиль в пункте *B*: а) мгновенно развернулся и поехал назад; б) простоял в течение времени, равного половине времени движения из *B* в *A*.

5. Мотоцикл и автомобиль, расстояние между которыми равно 450 м, движутся равномерно навстречу друг другу по прямой дороге со скоростями соответственно 18 и 72 км/ч. Определите место и время их встречи.

6. Скорость течения реки v_0 = 0,7 м/с. Скорость лодки в стоячей воде v_1 = 1 м/с. Под каким углом а к берегу нужно направить лодку, чтобы ее не сносило вниз по течению?

7. Капли дождя, падающие вертикально, падают на стекло окна вагона, движущегося со скоростью u = 36 км/ч, и оставляют на нем след под углом 60 ° к вертикали. Определите скорость падения капель v.

8. Рыбак проплывает на лодке 240 м туда и обратно один раз по реке, а другой раз по озеру. Скорость лодки относительно воды составляет 5 м/с, а скорость течения реки – 1 м/с. Какой путь займет у рыбака больше времени: по реке или по озеру? Чему равна эта разница во времени?

9. Поезд движется на север со скоростью v = 20 м/с. Пассажиру вертолета, пролетающего над поездом, кажется, что поезд движется на запад со скоростью u = 20 м/с. Найдите скорость вертолета и направление его полета.

10. Расстояние между двумя пристанями равно 18 км. Двигаясь против течения, моторная лодка проходит это расстояние за 1,5 часа. Скорость течения реки составляет 3 км/ч. Определите время, за которое лодка пройдет обратный путь.

11. Имеются уравнения движения двух тел: $x_1 = 1 + 6t$ и $x_2 = 4 + 3t$. Постройте графики зависимости координаты от времени для этих тел. Используя графики зависимости координаты тела от времени и уравнения их движения, определите, где и, когда тела встретятся.

12. По графику зависимости координаты от времени для двух тел, изображенному на рисунке 4: а) запишите уравнения движения этих тел; б) определите, где и в какое время тела встретятся. Задание б) выполните аналитически (с помощью уравнений движения) и графически.

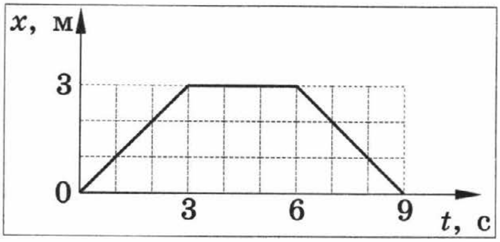


Рисунок 5

13. По оси OX движутся две материальные точки: первая по закону $x_1 = 10 + 2t$, вторая по закону $x_2 = 4 + t$. В какой момент времени они встретятся? Решите задачу аналитически и графически.

14. Из пункта А в пункт В выехала автомашина с постоянной скоростью равной 80 км/ч. Спустя 15 мин из пункта В в пункт А выехал велосипедист с постоянной скоростью равной 20 км/ч. Напишите закон движения автомашины и велосипедиста, считая, что начало координат находится в пункте А, а начало отсчета времени — выезд автомашины. Найдите время и место встречи аналитически и графически. Расстояние между пунктами А и В составляет 55 км.

15. На рисунке 5 изображен график зависимости координаты тела от времени. Как движется тело в промежутках времени от 0 до 3 с, от 3 до 6 с и от 6 до 9 с? Изобразите графически зависимость проекции скорости от времени. Изобразите график зависимости пути тела от времени.

Задания уровня «С»

1. Водитель легкового автомобиля, движущегося со скоростью 90 км/ч, начинает обгон трейлера в тот момент времени, когда расстояние между машинами составляло 20 м, и переходит (перестраивается) в прежний ряд, когда расстояние между машинами стало равным 15 м. Определите время, за которое водитель автомобиля обогнал трейлер, движущийся со скоростью 72 км/ч. Длина легкового автомобиля равна 4 м, трейлера — 16 м.

2. Капли дождя на окнах неподвижного трамвая оставляют полосы, наклоненные под углом α к вертикали. При движении трамвая со скоростью v полосы от дождя вертикальны. Определите скорость капель дождя v_1 в безветренную погоду.

3. Пассажир поднимается по неподвижному эскалатору метрополитена за время 3 мин, а по движущемуся вверх эскалатору за время *2* мин. Сможет ли он подняться по эскалатору, движущемуся с той же скоростью вниз? Если сможет, то, за какое время?

4. По поверхности стола движется с постоянной скоростью v черная доска. По доске движется кусок мела, пущенный по ней так, что в начальный момент скорость мела относительно стола перпендикулярна скорости доски и равна u. Какой формы след оставит мел при своем движении?

5. Эскалатор метро спускает идущего по нему человека за время t_1 = 1 мин. Если человек будет двигаться относительно эскалатора вдвое быстрее, то он спустится за t_2 = 45 с. Сколько времени будет спускаться человек, стоящий на эскалаторе?

6. Теплоход длиной 300 м движется прямолинейно по озеру со скоростью v. Катер, имеющий скорость 90 км/ч, проходит расстояние от кормы до носа движущегося теплохода и обратно за время t = 37,5 с. Найдите скорость теплохода.

7. Пролетая над пунктом *A,* пилот вертолета догнал воздушный шар, который сносило ветром по курсу вертолета. Через полчаса пилот повернул обратно и встретил воздушный шар в **30** км от пункта *A*. Чему равна скорость ветра, если мощность двигателя вертолета оставалась постоянной?

8. Петров и Иванов бегают по гаревой дорожке стадиона длиной 400 м. Петров пробегает круг за 50 с, а Иванов – 60 с. Сколько раз они встретятся при забеге на дистанцию 4 км, если они стартуют одновременно и бегут в одну сторону?

9. По движущемуся эскалатору вниз бегут два человека: один со скоростью v, другой со скоростью $2v$. Первый насчитал n_1 ступенек, второй — n_2 ступенек. Найдите число ступенек эскалатора.

10. Самолет совершает прямой и обратный рейсы между двумя населенными пунктами. При каком направлении ветра относительно трассы время полета будет максимальным? минимальным? Ответ обосновать.

2. Равнопеременное движение

Задания уровня «А»

1. Автомобиль начинает двигаться из состояния покоя с ускорением 3 м/с^2. Чему будет равна его скорость через 5 с?

2. Какой путь пройдет тело, двигаясь с начальной скоростью 3 м/с в течение 10 с, если ускорение его 1 м/с^2?

3. Трамвай, отходя от остановки, движется с ускорением 0,3 м/с^2. На каком расстоянии от начала движения скорость трамвая достигнет 15 м/с?

4. Определите скорость трамвая через 5 с после начала торможения, если его начальная скорость 6 м/с, а ускорение 0,1 м/с^2.

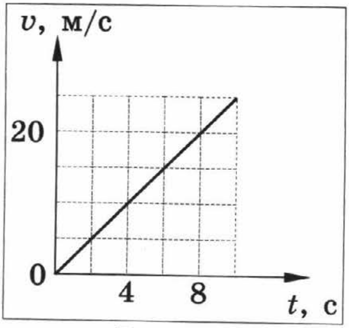


Рисунок 5

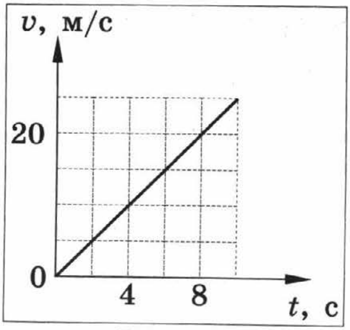


Рисунок 6

5. Какой путь пройдет автомобиль за 0,5 мин, начав двигаться с ускорением 0,2 м/с^2?

6. Поезд метро тормозит, имея ускорение 1 м/с. Его начальная скорость равна 20 м/с. Определите скорость поезда через 1 с после начала торможения.

7. Самолет для взлета должен приобрести скорость 240 км/ч. Какой должна быть длина взлетной полосы, если известно, что время разгона самолета равно 30 с?

8. За время 7 с до въезда на мост автомобиль, двигавшийся со скоростью 72 км/ч, начал тормозить. Ускорение при торможении равно 2 м/с^2. С какой скоростью автомобиль въехал на мост?

9. При торможении до полной остановки катер прошел путь 200 м. Определите ускорение и время торможения катера, если в начале торможения его скорость была равна 72 км/ч.

10. Лыжник спускается с горы за 25 с, имея начальную скорость 18 км/ч. Чему равна длина горы, если лыжник движется с ускорением 0,4 м/с^2?

11. На рисунке 6 изображен график зависимости скорости движения тела от времени. Используя этот график, заполните таблицу:

Начальная скорость u_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемещения	Характер движения тела

12. Используя уравнение движения тела: $x = 2 + 2t - t^2$, заполните таблицу и постройте график зависимости скорости движения тела от времени.

Начальная координата x_0, м	Начальная скорость u_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемеще-ния	Характер движения тела

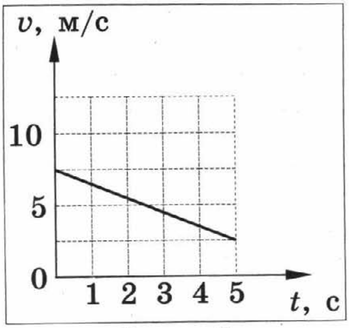


Рисунок 7

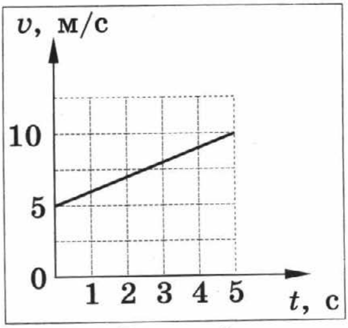


Рисунок 8

13. На рисунке 7 изображен график зависимости скорости движения тела от времени. Используя этот график, заполните таблицу:

Начальная скорость u_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемещения	Характер движения тела

14. Используя уравнение движения тела: $x = 4 + 4t^2$, заполните таблицу и постройте график зависимости скорости движения тела от времени.

Начальная координата x_0, м	Начальная скорость υ_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемещения	Характер движения тела

15. Пользуясь графиком скорости движения тела (рисунок 8) заполните таблицу:

Начальная скорость u_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемещения	Характер движения тела

Задания уровня «В»

1. Шарик, скатываясь с наклонного желоба из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см. Какой путь он пройдет за 3 с?

2. Поезд двигался со скоростью 54 км/ч. При торможении до полной остановки, он прошел путь 500 м. Определите ускорение и время движения поезда.

3. Шарик скатывается по желобу длиной 1,25 м с ускорением 1,6 м/с^2. Какова скорость шарика в конце желоба и сколько времени продолжался спуск?

4. Первоначально покоившееся тело начинает двигаться с постоянным ускорением равным 5×10^4 м/с^2. Определите путь, пройденный телом за время 0,1 ч после начала движения.

5. Подъезжая к светофору со скоростью равной 10 м/с, автомобиль тормозит в течение времени 4 с, и останавливается рядом со светофором. На каком расстоянии от светофора находился автомобиль в начале торможения?

6. Самолет пробегает по бетонированной дорожке расстояние s = 790 м. При отрыве от земли его скорость равна 240 км/ч. Какое время продолжался разбег, и с каким ускорением двигался самолет?

7. Тело, двигаясь прямолинейно с ускорением 2 м/с^2, за время равное 0,1 мин прошло путь s = 42 м. Какой была начальная скорость тела?

8. Камень, брошенный по льду со скоростью 5 м/с, останавливается на расстоянии равном 25 м от места бросания. Определите путь, пройденный камнем за первые 2 с движения.

9. Известно, что материальная точка за время равное 10 с прошла путь 60 м, причем ее скорость увеличилась в 5 раз. Определите ускорение материальной точки, считая его постоянным.

10. Автомобиль движется с постоянным ускорением равным 1 м/с^2. Мимо наблюдателя он проезжает со скоростью 10,5 м/с. На каком расстоянии от наблюдателя он находился секунду назад?

11. Дано уравнение движения тела: $x = 2t + 8t^2$. Заполните таблицу и постройте график зависимости проекции скорости тела от времени.

Начальная координата x_0, м	Начальная скорость u_0, м/с	Ускорение a, м/с^2	Уравнение скорости	Уравнение перемещения	Характер движения тела

12. От станции отходит поезд. В момент начала движения поезда, провожающий начал равномерно бежать по ходу поезда со скоростью 2 м/с. Движение поезда считать равноускоренным. Какова скорость поезда в тот момент, когда пассажир поезда поравняется с провожающим? При решении задачи используйте графики движения.

13. На рисунке 9 изображен график зависимости скорости движения тела от времени. Определите начальную скорость тела. Чему равна скорость тела через 2 с? Каково ускорение тела на первых двух секундах пути? Рассчитайте путь, пройденный телом за 5 с.

14. Уравнения движения по шоссе велосипедиста, пешехода и бензовоза имеют вид: $x_1 = -0{,}4t^2$, $x_2 = -400 - 0{,}6t$ и $x_3 =$

–300 (соответственно). Найдите для каждого из тел: координату в момент начала наблюдения, проекции на ось OX начальной скорости и ускорения, а также направление и вид движения.

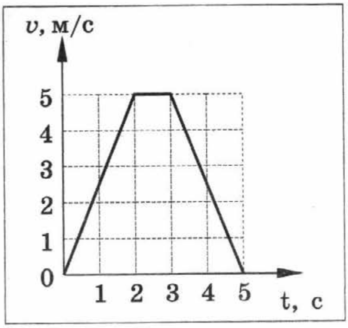


Рисунок 9

15. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с^2; затем в течение 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м — равнозамедленно до остановки. Найдите среднюю скорость за все время движения. Постройте график зависимости $v(t)$.

Задания уровня «С»

1. Спортсмен пробежал расстояние равное 100 м за 10 с, из которых он 2 с потратил на разгон, а остальное время двигался равномерно. Чему равна его скорость равномерного движения?

2. Тело, движущееся равноускоренно с начальной скоростью 1 м/с, пройдя некоторое расстояние, приобретает скорость равную 7 м/с. Какова была скорость тела в тот момент времени, когда оно прошло половину расстояния?

3. Водитель автомобиля, движущегося со скоростью 72 км/ч, подъезжая к закрытому железнодорожному переезду, начал тормозить на расстоянии 50 м от него. У переезда машина стояла 50 с. После того как шлагбаум открыли, водитель набрал прежнюю скорость на том же отрезке пути. На сколько ближе к месту назначения оказался бы водитель автомобиля, если бы он ехал с прежней скоростью без остановки? Движение при разгоне и торможении считать равнопеременным.

4. Тело начинает равноускоренное движение. Известно, что за девятую секунду оно проходит расстояние равное 17 м. Определите: а) ускорение, с которым движется тело; б) скорость тела в конце девятой секунды движения; в) скорость тела в тот момент, когда оно пройдет путь равный 25 м, считая от начала движения. Начальная скорость тела $v_0 = 0$.

5. За какую секунду от начала движения путь, пройденный телом при равноускоренном движении, втрое больше пути, пройденного в предыдущую секунду, если движение происходит без начальной скорости?

6. Доска, разделенная на $n = 5$ равных отрезков, начинает скользить по наклонной плоскости. Первый отрезок прошел мимо отметки, сделанной на наклонной плоскости, в том месте, где находился передний край доски в начале движения, за время $t = 2$ с. За какое время пройдет мимо этой отметки последний отрезок доски? Движение доски считать равноускоренным.

7. Тело начинает двигаться из состояния покоя равноускоренно и за десятую секунду проходит путь равный 38 м. Найдите путь, пройденный телом за двенадцатую секунду движения.

8. Какова начальная скорость и ускорение движения мяча, брошенного вдоль наклонной плоскости снизу вверх, если на расстоянии 30 см от начала движения мяч побывал дважды: через 1 с и 2 с после начала движения?

9. Частица пролетает расстояние 2 м равномерно, а затем тормозит с ускорением 5×10^5 м/с^2. При какой скорости частицы время движения ее от вылета до остановки будет наименьшим?

10. Двигаясь прямолинейно и равноускоренно, тело проходит путь равный 2 м за первые 4 с, а следующий промежуток длиной равной 4 м за 5 с. Определите ускорение тела.

11. Два автомобиля движутся по шоссе по следующим законам: $x_1 = 5t + 0{,}2t^2$ и $x_2 = 24 - 4t$. Найти время и место их встречи. Определите место нахождения первого автомобиля, в момент времени, когда второй находился в точке $x_2 = 0$.

12. Мимо поста ДПС прошел автомобиль, который двигался с постоянной скоростью равной 72 км/ч. Через время $t = 2$ мин от поста отправился в том же направлении второй автомобиль, который в течение 25 с двигался равноускоренно. Достигнув скорости равной 90 км/ч, он далее движется равномерно. Через какое время, считая от начала движения второго автомобиля, и на каком расстоянии от поста второй автомобиль догонит первый?

13. Когда опоздавший пассажир вбежал на платформу, мимо него за 3 с прошел предпоследний вагон поезда. Последний вагон прошел мимо пассажира за 2 с. На сколько опоздал пассажир к отходу поезда? Поезд двигался равноускоренно, длина вагонов одинакова.

14. Дано уравнение движения тела $s = 12t - t^2$. Определите скорость тела в конце пятой секунды движения.

15. За какую секунду от начала движения путь, пройденный телом при равноускоренном движении втрое больше пути, пройденного в предыдущую секунду, если начальная скорость тела равна нулю?

3. Свободное падение тел[1]

Задания уровня «А»

1. Чему равна скорость свободно падающего тела через 2 с после начала падения, если $u_0 = 0$?

2. С какой высоты был сброшен предмет, если он упал на землю через 2 с?

3. Мяч упал на землю с высоты 80 м. Определите, сколько времени мяч находился в полете.

4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Какова максимальная высота подъема тела?

5. Какова глубина ущелья, если упавший в него камень коснулся дна через 4 с?

6. Мяч бросают с крыши, находящейся на высоте 20 м от поверхности земли. Его начальная скорость равна 25 м/с и направлена горизонтально. Чему равна дальность полета мяча по горизонтали?

7. Мяч, брошенный из окна здания в горизонтальном направлении со скоростью 12 м/с, упал на землю через 2 с. Определите высоту, с которой был брошен мяч. Какое расстояние он пролетел по горизонтали?

8. Какова дальность и время полета тела, брошенного горизонтально с высоты 20 м со скоростью 5 м/с?

9. Самолет летит горизонтально на высоте 8 км со скоростью 1800 км/ч. За сколько километров до цели летчик должен сбросить бомбу, чтобы поразить цель?

10. Самолет-бомбардировщик сбросил бомбу, находясь на высоте 4,5 км. Какую горизонтальную скорость должен иметь самолет, чтобы бомба упала на расстоянии 6 км от места бросания?

Задания уровня «В»

1. Мяч брошен вертикально вверх. Поднявшись на некоторую высоту, он через 4 с вновь оказался на поверхности Земли. Определите начальную скорость мяча и максимальную высоту, на которую он поднялся.

2. Тело брошено вертикально вниз с высоты 40 м со скоростью 25 м/с. Какую скорость приобретет тело к моменту падения на землю? Какую скорость приобрело бы тело, если начальная скорость была бы направлена вертикально вверх?

---

[1] При решении задач данного раздела ускорение свободного падения принять равным 10 м/с2

3. Мячик бросают вертикально вверх со скоростью равной 20 м/с. Через какое время мячик окажется: а) в наивысшей точке движения; б) в точке броска?

4. Свободно падающее тело в некоторый момент времени находилось на высоте 1100 м, а спустя время равное 10 с — на высоте 120 м над поверхностью земли. С какой высоты падало тело?

5. С какой начальной скоростью нужно бросить вертикально вниз тело с высоты 20 м, чтобы оно упало на 1 с быстрее тела, свободно падающего с той же высоты?

6. Тело брошено горизонтально со скоростью 10 м/с. С какой высоты было брошено тело, если высота бросания оказалась равной дальности полета?

7. Через какое время камень, брошенный с поверхности Земли под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с, окажется на высоте 1 м?

8. Пушка и цель находятся на одном уровне на расстоянии 5,1 км друг от друга. За какое время снаряд с начальной скоростью 240 м/с достигнет цели?

9. С высоты 2 м над землей горизонтально брошен камень. Найдите начальную и конечную скорости камня, если он упал на поверхность Земли на расстоянии 7 м от места бросания.

10. Из окна, находящегося на высоте 20 м мальчик бросил горизонтально мяч, который упал на расстоянии 4 м от основания дома. Сколько времени летел мяч до поверхности Земли? С какой скоростью он был брошен?

Задания уровня «С”

1. Тело свободно падает с высоты 100 м. За какое время тело проходит первый и последний метр своего пути? Какой путь проходит тело за первую секунду своего движения; последнюю секунду своего движения?

2. С крыши дома оторвалась сосулька и за 0,2 с пролетела мимо окна, высота которого равна 1,5 м. С какой высоты относительно верхнего края окна она оторвалась? Размерами сосульки пренебречь.

3. Тело падает без начальной скорости с высоты равной 45 м. Найдите среднюю скорость падения на второй половине пути.

4. Жонглер бросает вертикально вверх с одной высоты с одинаковой начальной скоростью 5 м/с шарики через каждые 0,2 с. На каком расстоянии друг от друга будут находиться два первых шара в момент, когда он бросает четвертый шар?

5. Два тела, расположенные по одной вертикали на расстоянии 1 м друг от друга, начинают одновременно свободно падать вниз. Как будет меняться расстояние между телами?

6. Парашютист, опускающийся равномерно со скоростью 5 м/с, бросает вертикально вверх небольшое тело со скоростью 10 м/с относительно себя. Через какое время после броска тело и парашютист вновь окажутся на одной высоте? Чему будет равна скорость тела в этот момент? На какой высоте относительно точки броска это произойдет?

7. Мяч свободно падает с высоты равной 15 м на горизонтальную поверхность. При каждом отскоке его скорость уменьшается в 2 раза. Найдите путь, пройденный мячом до полной остановки.

8. Вертолет летит горизонтально со скоростью 160 км/ч на высоте 500 м. С вертолета нужно сбросить вымпел на теплоход, движущийся встречным курсом со скоростью 20 км/ч. На каком по горизонтали расстоянии от теплохода летчик должен сбросить вымпел?

9. Под каким углом к горизонту необходимо бросить тело, чтобы максимальная высота подъема была вдвое меньше дальности бросания?

10. Парашютист, спускающийся равномерно со скоростью равной 5 м/с, в момент, когда он находился на высоте 100 м над поверхностью земли, бросил вертикально вниз небольшое тело со скоростью равной 10 м/с относительно себя. Какой промежуток времени разделяет моменты приземления тела и парашютиста?

4. Законы Ньютона[1]

Задания уровня «А»

1. С какой силой надо тянуть ящик массой 20 кг по полу с ускорением 0,5 м/с^2, если сила сопротивления движения равна 5 Н?

2. Определите, с каким наибольшим ускорением можно поднимать груз массой 120 кг, чтобы канат, выдерживающий максимальную нагрузку 2000 Н, не разорвался.

3. Девочка скатывается на санках с горки. Проехав за 10 с по горизонтальной дороге путь 20 м, санки остановились. Определите силу трения, действующую на санки, если масса девочки равна 50 кг.

4. Вагонетка массой 40 кг движется под действием силы 50 Н с ускорением 1 м/с^2. Определите силу сопротивления.

[1] При решении задач данного раздела ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2

5. К невесомой нерастяжимой нити привязан груз массой 5 кг. Определите силу натяжения нити при подъеме груза вертикально вверх с ускорением 3 м/с^2.

6. Ящик массой 10 кг равномерно втаскивают по наклонной плоскости с углом наклона 30°. Определите величину необходимой для этого силы, если она направлена вдоль наклонной плоскости. Трение не учитывать.

7. Через блок перекинута нить, к концам которой подвешены две гири массами 2 кг и 6 кг. Определите ускорение при движении гирь.

8. Мальчик массой 50 кг качается на качелях, длина подвеса которых равна 4 м. При прохождении среднего положения он давит на сиденье с силой, равной 950 Н. С какой скоростью качели проходят это положение?

9. В лифте установлены пружинные весы, на которых подвешено тело массой 500 г. Определите показания весов, если лифт начинает подниматься вверх с ускорением, равным 2,4 м/с^2.

10. Летчик давит на сидение кресла самолета в нижней части «мертвой петли» с силой 7100 Н. Масса летчика равна 80 кг, радиус петли — 250 м. Какова скорость самолета?

Задания уровня «В»

1. Парашютист, достигнув в затяжном прыжке скорость 55 м/с, раскрыл парашют, после чего за 10 с скорость его уменьшилась до 5 м/с. Найдите силу натяжения стропов парашюта, если масса парашютиста 80 кг.

2. К одному концу веревки, перекинутой через неподвижный блок, подвешен груз массой 10 кг. С какой силой надо тянуть за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением 2 м/с^2?

3. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены два груза массой 11 г и 13 г. Когда гири отпустили, система пришла в движение с ускорением 81,8 см/с^2. Каково ускорение свободного падения для данного места?

4. Трос выдерживает максимальную нагрузку 2,4 кН. С каким наибольшим ускорением с помощью этого троса можно поднимать груз массой 200 кг?

5. Велосипедист движется по выпуклому мосту, который имеет радиус кривизны 40 м. Какой должна быть скорость велосипедиста, чтобы он мог проскочить провал на середине моста?

6. Рассчитайте силу, которую необходимо приложить, чтобы поднять по наклонной плоскости тело массой 7 кг с ускорением 2,4 м/с^2, если угол наклона наклонной плоскости к горизонту равен 15°. Трение не учитывать.

7. Через неподвижный блок перекинута нить, на которой подвешены три одинаковых груза массой 2 кг каждый. Найдите ускорение системы и силы натяжения нитей.

8. На гладком столе лежат два связанных нитью груза. Масса левого груза равна 200 г, масса правого груза равна 300 г. К правому грузу приложена сила 1 Н, к левому — 0,6 Н. С каким ускорением движутся грузы и какова сила натяжения соединяющей нити? Трение не учитывать.

9. С машины соскальзывает бочка по наклонной доске длиной 2 м и с ускорением 3 м/с^2. Определите высоту кузова машины, если трение бочки о доску пренебрежимо мало.

10. Два груза, соединенные нитью, движутся по гладкой поверхности. Когда к правому грузу приложили силу, равную 100 Н, натяжение нити равнялось 30 Н. Каким будет натяжение нити, если эту силу приложить к левому грузу?

Задания уровня «С»

1. Вертолет масса которого 27,2 т, поднимает на тросах вертикально вверх груз массой 15,3 т с ускорением 0,6 м/с^2. Найдите силу тяги вертолета и силу, действующую со стороны груза на прицепной механизм вертолета.

2. Через неподвижный блок перекинута веревка, к одному из концов которой привязан груз массой 60 кг. На другом конце повис человек массой 65 кг, который, выбирая веревку, поднимает груз, оставаясь при этом на одном и том же расстоянии от пола. Через сколько времени груз будет поднят на высоту 12 м? Массой веревки и блока пренебречь.

3. Поезд движется по закруглению радиусом 800 м со скоростью 72 км/ч. Определите, на сколько внешний рельс должен быть выше внутреннего. Расстояние между рельсами принять равным 1,5 м.

4. По гладкой поверхности движутся два груза, соединенные нитью. Когда к левому грузу приложили силу, равную 100 Н, натяжение нити равнялось 70 Н. Каким будет натяжение нити, если эту силу приложить к правому грузу?

5. На концах нити, перекинутой через неподвижный блок, висят два груза массами соответственно 7 кг и 11 кг. Вначале грузы находятся на одной высоте. Через какое время после начала движения более тяжелый груз окажется на 10 см ниже более легкого?

6. Маляр массой 72 кг работает в подвесном кресле. Ему понадобилось срочно подняться наверх. Он начинает тянуть за веревку

с такой силой, что его сила давления на кресло уменьшилась до 400 Н. Масса кресла 12 кг. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2. Чему равно ускорение маляра и кресла?

7. Динамометр вместе с прикрепленным к нему грузом сначала поднимают вертикально вверх, затем опускают вертикально вниз. В обоих случаях движение равноускоренное с ускорением 5 м/с^2. Определите массу груза, если разность показаний динамометра равна 30 Н.

8. Три одинаковых бруска, массой m каждый, связаны нитями и положены на гладкий стол. К первому бруску приложена сила, равная 100 Н. Определите силу натяжения нити, соединяющей первый и второй бруски. Силами трения пренебречь.

9. Груз, подвешенный на нити длиной 60 см, двигаясь равномерно, описывает в горизонтальной плоскости окружность. С какой скоростью движется груз, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол равный 30°?

10. Два тела m_1 = 2 кг и m_2 = 4 кг висят на концах нити, перекинутой через блок. Гири вначале находятся на одной высоте. Через сколько времени после начала движения гиря m_1 окажется на 4 см выше гири m_2?

5. Силы в механике[1]

Задания уровня «А»

1. Клетка подъемной машины массой 300 кг движется равноускоренно вертикально вниз с ускорением 2 м/с^2. Определите силу натяжения каната.

2. Каков вес летчика-космонавта массой 70 кг при старте ракеты с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением 15 м/с^2.

3. Тело, двигаясь равнозамедленно, останавливается под действием силы трения. Чему равно при этом ускорение, если коэффициент трения 0,1?

4. Груз массой 0,5 кг подвешен к пружине динамометра. Какими будут показания динамометра, если груз поднимают вверх с постоянным ускорением 3м/с^2?

5. Тело при торможении останавливается под действием силы 2 Н. Определите массу этого тела, если ускорение при торможении 2 м/с^2.

6. Мост прогибается под тяжестью поезда массой 1200 т, образуя дугу радиусом 400 м. Определите силу давления поезда на середину моста, если скорость его движения равна 18 км/ч.

---

[1] При решении задач данного раздела ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2

7. Какую силу надо приложить, чтобы поднять по наклонной плоскости тело массой 8 кг с ускорением 3 м/с^2, если угол наклона плоскости к горизонту 30 °. Трением пренебречь.

8. С каким ускорением будет подниматься тело массой 2 кг по наклонной плоскости с углом наклона 45 ° под действием силы 18,2 Н? Трением пренебречь.

9. С какой силой давит трамвай массой 9 т на рельсы на выпуклом и вогнутом участках пути, если радиус кривизны моста равен 12 м, а скорость трамвая равна 7,2 км/ч?

10. Мальчик массой 50 кг качается на качелях, длина подвеса которых равна 4 м. При прохождении среднего положения он давит на сиденье с силой, равной 950 Н. С какой скоростью качели проходят это положение?

Задания уровня «В»

1. В лифте установлены пружинные весы, на которых подвешено тело массой 500 г. Определите показания весов, если лифт начинает подниматься вверх с ускорением, равным 2,4 м/с^2.

2. Летчик давит на сидение кресла самолета в нижней части «мертвой петли» с силой 7100 Н. Масса летчика равна 80 кг, радиус петли — 250 м. Какова скорость самолета?

3. Два тела одинаковой массы 1 кг соединены невесомой пружиной, имеющей жесткость 200 Н/м. Тела находятся на абсолютно гладкой горизонтальной поверхности. К одному из тел приложена горизонтальная сила, равная 20 Н. Определите удлинение пружины при движении тел с постоянным одинаковым ускорением.

4. Рассчитайте силу, которую необходимо приложить, чтобы поднять по наклонной плоскости тело массой 7 кг с ускорением 2,4 м/с^2, если угол наклона наклонной плоскости к горизонту равен 15°. Трение не учитывать.

5. Определите коэффициент трения скольжения, если горизонтальная сила 7,5 Н сообщает телу массой 1 кг ускорение 5 м/с^2 в направлении действия силы.

6. Груз, подвешенный на нити, один раз поднимают, а другой раз опускают с одинаковым ускорением 8 м/с^2. Найдите отношение силы натяжения нити при подъеме груза к аналогичной силе при его опускании.

7. Через неподвижное, горизонтально расположенное на некоторой высоте бревно переброшена веревка. Чтобы удержать груз массой 6 кг, подвешенный на одном конце веревки, необходимо тянуть второй конец веревки с минимальной силой $T_1 = 40$ Н.

Чему равна минимальная сила T_2, с которой необходимо тянуть веревку, чтобы груз начал подниматься?

8. Велосипедист массой 80 кг двигается по аттракциону «мертвая петля» со скоростью 54 км/ч. Радиус петли равен 4,5 м. Найдите силу давления велосипедиста на сидение в верхней и нижней точках петли.

9. Каков должен быть минимальный коэффициент трения скольжения между шинами автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти закругление радиусом 200 м при скорости 108 км/ч?

10. Ведерко с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 0,5 м. С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку вода из ведерка не выливалась?

Задания уровня «С»

1. Человек везет пару связанных между собой саней, прикладывая к веревке силу 50 Н под углом 45° к горизонту. Массы саней одинаковы и равны 15 кг. Коэффициент трения полозьев о снег равен 0,03. Найдите ускорение саней и силу натяжения веревки между санями.

2. Средняя высота спутника над поверхностью Земли 1700 км. Определите его скорость и период обращения, если радиус Земли равен 6400 км.

3. Тело массой 2 кг начинает движение по горизонтальной поверхности с помощью пружины, коэффициент жесткости которой равен 200 Н/м. Пружина при движении оказывается все время растянутой на 2 см. Определите, какой скорости достигает тело, когда оно пройдет расстояние 4 м по прямой линии. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,2.

4. С помощью ракеты тело поднято на высоту 500 км. Какую скорость следует сообщить этому телу в направлении, перпендикулярном к земному радиусу, чтобы оно описывало окружности вокруг Земли? Каков будет период обращения этого тела вокруг Земли? Радиус Земли равен 6400 км.

5. Брусок толкнули вверх со скоростью 13 м/с вдоль наклонной плоскости, имеющей угол наклона 28°. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2. Найдите время подъема тела верх до остановки и время спуска.

6. Груз массой 0,1 кг, подвешенный к шнуру длиной 1 м, движется равномерно по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур описывает коническую поверхность и отклоняется от

вертикали на угол а = 60°. Определите силу натяжения нити и период вращения груза.

7. Груз массой 100 кг равномерно перемещают по горизонтальной поверхности, прикладывая силу под углом 30° к горизонту. Определите величину этой силы в двух случаях: а) груз тянут, б) груз толкают. Коэффициент трения равен 0,3. Что выгоднее: тянуть или толкать груз?

8. Искусственный спутник Земли двигается по круговой орбите со скоростью 7 км/с. Определите расстояние от поверхности Земли до спутника.

9. Диск катится, наклонившись под углом 60° к горизонтальной площадке, и делает дугу радиусом 6 м. Найдите скорость движения диска.

10. С наклонной плоскости, имеющей угол наклона 45°, соскальзывает два груза массой 2 кг (движется первым) и 1 кг, соединенные пружиной жесткостью 100 Н/м. Найдите растяжение пружины при соскальзывании грузов, если коэффициенты трения между грузами и плоскостью равны соответственно 0,2 и 0,5.

6. Закон сохранения импульса

Задания уровня «А»

1. Снаряд массой 10 кг вылетает из ствола орудия со скоростью 600 м/с. Зная, что время движения снаряда внутри ствола 0,008 с, определите среднюю силу давления пороховых газов.

2. Лодка массой 200 кг движется со скоростью 1 м/с. Как изменилась скорость лодки после того, как из нее выпал груз массой 100 кг?

3. Мальчик массой 30 кг, стоя на коньках, горизонтально бросает камень массой 1 кг. Начальная скорость камня 3 м/с. Определите скорость мальчика после броска.

4. Железнодорожный вагон массой 10 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 20 м/с, сталкивается с неподвижной платформой массой 5 т. С какой скоростью поедут вагон и платформа, если сработает автосцепка?

5. Тележка массой 80 кг движется со скоростью 5 м/с. На нее вертикально падает груз массой 20 кг. Определите скорость, с которой станет двигаться тележка.

6. Ледокол массой 6000 т, движущийся со скоростью 8 м/с, сталкивается с неподвижной льдиной и перемещает ее впереди себя. При этом скорость ледокола уменьшилась и стала равной 3 м/с. Определите массу льдины.

7. Из винтовки в горизонтальном направлении вылетает пуля со скоростью 700 м/с. Определите скорость винтовки при отдаче, если ее масса больше массы пули в 400 раз.

8. Два шара, имеющие массу 1 и 0,5 кг, движутся навстречу друг другу. Определите скорость совместного движения шаров после абсолютно неупругого удара, если их скорости до удара равны 20 и 10 м/с, соответственно..

9. Летящий со скоростью 500 м/с снаряд, разорвался на две части массой 5 и 4 кг соответственно. Скорость первого осколка возросла в направлении движения снаряда на 200 м/с. Определите скорость второго осколка.

10. Навстречу друг другу движутся два тела, имеющие массу 2,5 и 5 кг. После столкновения тела остановились. Какова скорость первого тела до столкновения, если второе двигалось со скоростью 1 м/с?

Задания уровня «В»

1. Человек и тележка движутся навстречу друг другу, причем масса человека в два раза больше массы тележки. Скорость человека 2 м/с, а тележки 1 м/с. Человек вскакивает на тележку и остается на ней. Какова скорость человека вместе с тележкой?

2. Два неупругих шара массами 6 и 4 кг движутся в одном направлении вдоль одной прямой со скоростями соответственно равными 8 и 3 м/с. С какой скоростью будут двигаться шары после абсолютно неупругого столкновения?

3. Шар массой 10 кг катится по горизонтальной поверхности со скоростью 2 м/с и сталкивается с другим шаром, движущимся ему навстречу со скоростью 1 м/с. В результате абсолютно неупругого столкновения шары остановились. Какова масса второго шара?

4. Снаряд, летевший вертикально вверх со скоростью 300 м/с в некоторой точке траектории разрывается на два осколка с массами 15 кг и 5 кг. Меньший осколок продолжает движение горизонтально со скоростью 200 м/с. Определить скорость второго осколка.

5. Во сколько раз уменьшится скорость атома гелия после упругого столкновения с неподвижным атомом водорода, масса которого в 4 раза меньше массы атома гелия?

6. Протон массой m, летящий со скоростью u_0, столкнулся с неподвижным атомом массой M, после чего стал двигаться в прямо противоположном направлении со скоростью 0,5 u_0. Найдите скорость атома.

7. Какова скорость отдачи винтовки при выстреле, если масса винтовки 4 кг, масса пуля 8 г, скорость пули 600 м/с?

8. Снаряд, летящий со скоростью 500 м/с, разорвался на два осколка массами соответственно 5 и 4 кг. Определите скорость второго осколка, если скорость первого осколка возросла на 200 м/с в направлении движения снаряда.

9. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Лодка остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов. Какую скорость имела лодка? Масса охотника с лодкой равна 200 кг, масса заряда — 10 г. Скорость вылета дроби и пороховых газов — 400 м/с.

10. Рыболов, массой 60 кг, находящийся в неподвижно стоящей на озере лодке, переходит с носа на корму. Масса лодки равна 120 кг, а длина — 3 м Чему равно расстояние, которое проедет лодка при перемещении рыболова?

Задания уровня «С»

1. Орудие установлено на железнодорожной платформе. Масса платформы с орудием $M = 50$ т, масса снаряда равна 25 кг. Орудие выстреливает в горизонтальном направлении вдоль железнодорожного пути. Начальная скорость снаряда относительно платформы 1000 м/с. Какую скорость будет иметь платформа после второго выстрела? Трением и сопротивлением воздуха можно пренебречь.

2. Кузнечик массой т сидит на конце соломинки массой M и длиной L, лежащей на гладкой поверхности. С какой минимальной скоростью v должен прыгнуть кузнечик, чтобы оказаться на другом конце соломинки?

3. На чашке весов прыгают п шариков массой т каждый. Какова средняя сила F, действующая на чашку весов, если при ударе шариков о чашку модуль их скорости не меняются?

4. В лодке массой 150 кг, неподвижно стоящей в озере, на корме и на носу на расстоянии 5 м друг от друга сидят рыболовы. Массы рыболовов равны 90 и 60 кг. Рыболовы поменялись местами. На какое расстояние при этом переместится лодка? Сопротивлением воды пренебречь.

5. Брусок массой 990 г лежит на горизонтальной поверхности. Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 700 м/с, попадает в брусок и застревает в нем. Какой путь пройдет брусок до остановки, если коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,05?

6. Снаряд в верхней точке траектории на высоте 100 м разорвался на две части, массами 1 и 1,5 кг соответственно. Скорость снаряда в этой точке равна 100 м/с. Скорость большего

осколка оказалась горизонтальной, совпадающей по направлению с направлением движения снаряда, и равной 250 м/с. Определите расстояние между точками падения обоих осколков.

7. Вдоль пологого берега без гребца со скоростью 1 м/с плывет лодка массой 100 кг. С берега в лодку переходит мальчик массой 50 кг. Векторы скорости лодки и мальчика составляют прямой угол. Скорость мальчика равна 2 м/с. Определите скорость лодки вместе с мальчиком.

8. Снаряд при взрыве разрывается на три осколка. Первый осколок массой 1 кг летит горизонтально со скоростью 12 м/с, а второй осколок массой 2 кг со скоростью 8 м/с перпендикулярно направлению движения первого осколка. Определите массу третьего осколка, если он отлетает со скоростью 40 м/с. В каком направлении по отношению к горизонту он полетит?

9. Снаряд, имеющий массу 50 кг, летит вдоль рельсов со скоростью 600 м/с. Снаряд попадает в платформу с песком, движущуюся навстречу снаряду со скоростью 10 м/с, и застревает в песке. Масса снаряда равна 10 т. Скорость снаряда в момент падения образует угол 45° с горизонтом. Определите скорость платформы после попадания снаряда.

10. Мяч массой 500 г летит горизонтально со скоростью 20 м/с. Человек, стоящий на льду массой 60 кг ловит этот мяч. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения равен 0,05?

7. Закон сохранения энергии

Задания уровня «А»

1. Ящик тянут равномерно по горизонтальной поверхности с помощью веревки, которая образует с поверхностью угол 30 °. Сила натяжения веревки равна 25 Н. Определите работу силы натяжения при перемещении ящика на расстояние 52 м.

2. Вертолет массой 5 т поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью. Какую работу совершает двигатель вертолета против силы тяжести при подъеме его на высоту 50 м?

3. Академик Б. С. Якоби в 1834 г. изобрел электродвигатель, с помощью которого можно было равномерно поднимать груз массой 5 кг на высоту 0,6 м за время 2 с. Определите мощность этого двигателя.

4. Тело массой 200 кг поднято на высоту 15 м. Какой потенциальной энергией обладает тело по отношению к поверхности Земли?

5. Тело, имеющее массу 2 кг, свободно падает с некоторой высоты в течение 6 с. Определите потенциальную энергию тела в начале падения.

6. С какой начальной скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 2 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 4 м?

7. Камень брошен с высоты 2 м под некоторым углом к горизонту с начальной скоростью 6 м/с. Найдите скорость камня в момент падения на землю.

8. Пуля массой 10 г влетает в доску толщиной 5 см со скоростью 800 м/с и вылетает из нее со скоростью 100 м/с. Какова средняя сила сопротивления, действующая на пулю внутри доски?

9. Определите кинетическую и потенциальную энергию тела массой 200 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 30 м/с, через 2 с после бросания.

10. Какова потенциальная энергия тела массой 100 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 10 м/с, в наивысшей точке подъема.

Задания уровня «В»

1. Самолет массой 2 т летит со скоростью 50 м/с. На высоте 420 м он переходит на снижение (при выключенном двигателе) и совершает посадку, имея скорость 30 м/с. Определите работу силы сопротивления воздуха во время планирующего полета.

2. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 800 Н/м сжали на 5 см. Определите скорость пули массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении.

3. На какой высоте потенциальная энергия мяча, брошенного вертикально вверх со скоростью 16 м/с, равна его кинетической энергии?

4. Снаряд массой 12 кг вылетел из орудия с начальной скоростью 600 м/с, а к моменту попадания в цель его скорость уменьшилась до 500 м/с. Какова работа сил сопротивления воздуха, совершенная над снарядом в процессе его полета до цели?

5. Определите, с какой скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 3 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 8 м. Удар мяча о поверхность Земли считать абсолютно упругим.

6. Акробат прыгнул с трапеции на батут, который при этом прогнулся на расстояние 1 м. Высота трапеции над батутом равна 4 м. На сколько прогнется батут, если акробат будет стоять на нем?

7. Тело, брошенное с высоты 5 м вертикально вниз со скоростью 20 м/с, погрузилось в грунт на глубину 20 см. Найдите работу силы сопротивления грунта, если масса тела равна 2 кг. Сопротивлением воздуха пренебречь.

8. Шарик массой 100 г, подвешенный на нити длиной 40 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия шарика, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол 60 °?

9. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 3 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной? Сопротивление воздуха не учитывать.

10. Тело массой т подвешено к потолку с помощью пружины жесткостью k. Какой максимальной скорости достигнет тело, если его отпустить из положения, в котором пружина не растянута?

Задания уровня «С»

1. Христиан Гюйгенс считал: если шар вращать на нерастяжимой и невесомой нити в вертикальной плоскости, то нить должна выдерживать силу натяжения, равную, по крайней мере, ушестеренной силе тяжести шара. Верно ли это утверждение?

2. Каким способом и во сколько раз дальше можно закинуть льдинку: бросив ее в воздух под углом 45° к горизонту или бросив ее скользить по льду? Коэффициент трения льдинки о лед равен 0,02. Сопротивлением воздуха пренебречь.

3. Рассчитайте, во сколько раз уменьшится скорость атома гелия после центрального упругого столкновения с неподвижным атомом водорода, масса которого в 4 раза меньше массы атома гелия.

4. Мяч падает с высоты 2 м на горизонтальный пол. После каждого удара он сохраняет 81% энергии. Через какое время мяч полностью остановится?

5. С горки высотой 2 м съехали санки массой 3 кг и остановились, пройдя некоторое расстояние. Какую наименьшую работу нужно совершить, чтобы поднять санки по тому же пути до первоначального положения? Профиль горки такой, что касательная к нему в любой точке составляет острый угол с горизонтом.

6. Санки съезжают с горы высотой Н и углом наклона а и движутся далее по горизонтальному участку. Коэффициент трения на всем пути одинаков и равен m. Определите расстояние s, пройденное санками по горизонтальному участку до полной остановки.

7. Цепочка массой 0,8 кг и длиной 1,5 м лежит так, что один конец ее свешивается с края стола. Цепочка начинает соскальзывать, когда свешивающаяся часть составляет 1/3 ее длины. Какую скорость будет иметь цепочка и какую работу совершит сила трения, действующая на нее, при полном соскальзывании цепочки со стола?

8. Деревянный шар массой 1,99 кг висит на невесомой нерастяжимой нити. В него попадает (и застревает в его центре) пуля, летящая горизонтально со скоростью 600 м/с. Масса пули равна 10 г. Найдите максимальную высоту, на которую поднимается шар.

9. Мальчик на коньках разгоняется до скорости 11 м/с и вкатывается на ледяную горку. До какой высоты он сможет подняться, если коэффициент трения равен 0,1, а угол наклона горки к горизонту 45 °?

10. В шар, подвешенный на нити длиной 0,4 м, масса которого 5 кг, попадает пуля массой 20 г, летящая с горизонтальной скоростью 1000 м/с. Пройдя через шар, она продолжает движение в том же направлении со скоростью 500 м/с. На какой угол от вертикали отклонится шар?

8. Статика

Задания уровня «А»

1. При равновесии рычага на его большее плечо, равное 60 см, действует сила 40 Н, на меньшее – 120 Н. Определите меньшее плечо рычага.

2. Учащийся режет жесть, прикладывая к ручкам ножниц силу 40 Н. Расстояние от оси ножниц до точки приложения силы 35 см, а до листа жести 2,5 см. Определите усилие, необходимое для резания ножниц.

3. Камень приподнимают с помощью железного лома. Масса камня 60 кг, расстояние от точки опоры до камня 20 см, длина лома 1 м. С какой силой рука должна действовать на лом?

4. Лапка для выдергивания гвоздей представляет собой рычаг с плечами 2,5 см и 45 см. Для того, чтобы выдернуть гвоздь, к концу большего плеча пришлось приложить силу 20 Н. Определите силу, удерживающую гвоздь в доске.

5. На рычаг *AB* действуют силы F_1 = 80 Н и F_2 = 20 Н (рисунок 10). Находится ли рычаг в равновесии, если *AO* = 40 см и *OB* = 80 см? Вес рычага не учитывать. Угол α = 30°.

6. Рельс длиной 10 м и массой 900 кг поднимают на двух параллельных тросах. Определите силу натяжения тросов, если один из них укреплен на конце рельса, а второй – на расстоянии 1 м от другого конца.

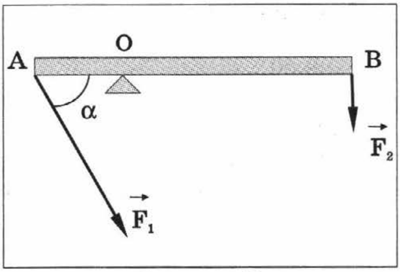


Рисунок 10

7. К концам стержня массой 10 кг и длиной 40 см подвешены грузы массами 40 кг и 10 кг. Где надо подпереть стержень, чтобы он находился в равновесии?

8. Однородная балка массой 200 кг своими концами лежит на опорах, расстояние между которыми составляет 6 м. На расстоянии 1 м от правой опоры на балке расположен груз массой 300 кг. Определите, с какой силой балка давит на каждую опору.

9. Балка массой 800 кг имеет длину 4 м и подперта на расстоянии 1,9 м от ее левого конца. На каком расстоянии от этого конца на балке должен стоять человек массой 80 кг, чтобы балка осталась в равновесии?

10. Однородную балку массой 80 кг и длиной 5 м переносят два человека. Один человек поддерживает балку на расстоянии 1 м от ее конца, а второй держит противоположный конец балки. Определите величину силы, с которой балка действует на второго человека.

Задания уровня «В»

1. Бревно длиной 12 м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на расстоянии 3 м от его толстого конца. Если же подставка находится посередине и на тонкий конец положить груз массой 60 кг, то бревно снова будет в равновесии. Определите массу бревна.

2. К концам стержня массой 1 кг и длиной 40 см подвешены грузы массами 4 и 1 кг соответственно. Определите положение точки подвеса стержня, чтобы он находился в равновесии.

3. К балке массой 200 кг и длиной 5 м подвешен груз массой 350 кг на расстоянии 3 м от одного из ее концов. Балка своими концами лежит на опорах. Каковы силы давления на каждую из опор?

4. К вертикальной гладкой стене подвешен однородный шар массой m. Нить составляет со стеной угол a. Определите силу натяжения нити T и силу давления F шара на стену.

5. На шнуре *ABC* (рисунок 11) подвешено тело весом 86,6 Н. Определите силы, действующие на части шнура *AB* и *BC*, если угол $\alpha = 60^{\circ}$.

6. Лестницу прислонили к вертикальной стене. Центр тяжести лестницы расположен посередине лестницы. Коэффициент трения лестницы о стену равен 0,4, а коэффициент трения лестницы о пол равен 0,5. Какой наименьший угол может образовать с горизонтом лестница, не соскальзывая?

7. Металлическую трубу длиной 4 м и массой 10 кг несут двое рабочих. Труба концами опирается на плечи рабочих. К трубе

на расстоянии 1 м от одного из концов подвешен груз массой 40 кг. Какую силу давления на плечо испытывает каждый рабочий?

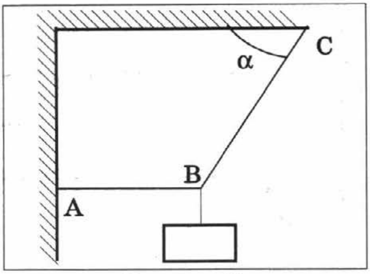


Рисунок 11

8. Бревно длиной 12 м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на 3 м от его толстого конца. Если же подставка расположена в 6 м от толстого конца, и на тонкий конец сядет человек массой 60 кг, бревно снова будет в равновесии. Какова масса бревна?

9. Туго натянутая над землей проволока имеет длину 50 м и провисает на 4 м, когда канатоходец массой 60 кг стоит на ее середине. Чему равна сила натяжения веревки?

10. На двух опорах лежит балка длиной 16 м и массой 2100 кг. Опоры расположены на расстоянии 4 и 2 м от концов балки. Какие силы необходимо приложить поочередно к каждому концу балки, чтобы ее приподнять?

Задания уровня «С»

1. Два мальчика, массы которых равны 32 и 24 кг, сделали себе качели, положив доску длиной 4 м на упор. Определите массу доски, считая ее однородной, если известно, что она находится в равновесии, когда точка опоры удалена на расстояние 2,2 м от одного из концов, а мальчики сидят на концах доски.

2. Однородный стержень массой 80 кг шарнирно прикреплен нижним концом к неподвижной опоре и может вращаться в вертикальной плоскости. Стержень удерживается в наклонном положении горизонтальным тросом, прикрепленным к его верхнему концу. Найдите силу реакции шарнира и силу натяжения троса. Угол наклона стержня к горизонту равен 45°.

3. Лестница опирается о вертикальную стену и горизонтальный пол. Коэффициент трения между стеной и лестницей $\mu_2 = 0,4$, между полом и лестницей $\mu_1 = 0,5$. Определите наименьший угол наклона лестницы к полу, при котором она может оставаться в равновесии.

4. Два человека несут по наклонному трапу сплошной бетонный блок. Длина блока в 1,5 раза больше высоты. Угол наклона трапа к горизонту равен 30°. Какому носильщику тяжелее и во сколько раз?

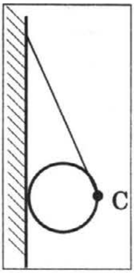


Рисунок 12

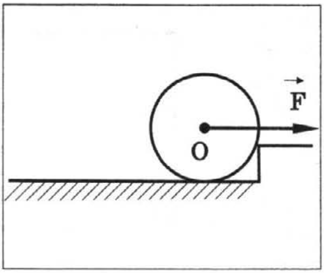


Рисунок 13

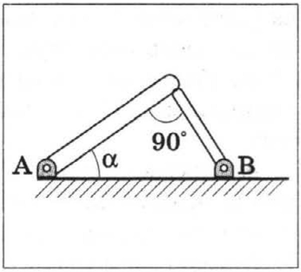


Рисунок 14

5. На горизонтальной шероховатой доске длиной 1 м стоит цилиндр, высота которого в четыре раза больше диаметра основания. На какую максимальную высоту можно поднять один из концов доски, чтобы цилиндр не упал?

6. На нити длиной 1 м висит шар радиусом 5 см, опирающийся на вертикальную стенку. Нить образует со стенкой угол 30° и касается шара в точке *C* (рисунок 12). Определите коэффициент трения шара о стенку.

7. Перед ступенькой высотой 2 см стоит колесо (рисунок 13). Радиус колеса равен 10 см. Масса колеса равна 1,6 кг. Какую наименьшую горизонтальную силу *F* надо приложить к оси колеса *O*, чтобы оно могло подняться на ступеньку? Трение не учитывать.

8. Две тонкие палочки массами 200 г и 100 г соединены так, как показано на рисунке 14. Палочки могут вращаться без трения вокруг осей *A* и *B*, проходящих через нижние концы палочек. Верхняя палочка образует с горизонтом угол $\alpha = 30°$. При каком минимальном коэффициенте трения между палочками нижняя палочка не упадет?

9. Шар массой 4,9 кг опирается на две гладкие плоскости, образующие угол, причем левая образует с горизонтом угол 35°, а правая угол 20°. Определите силы, с которыми шар давит на плоскости.

10. Лестница длиной 4 м приставлена к идеально гладкой стене под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом равен 0,33. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнет скользить? Массой лестницы пренебречь.

9. Основы МКТ

Задания уровня «А»

1. Капелька воды имеет массу 10^{-10} г. Из скольких молекул она состоит?

2. Рассчитайте массу атома кислорода.

3. В баллоне находится газ, количество вещества которого равно 4 моль. Сколько молекул газа находится в баллоне?

4. Какое количество молекул содержится в 10 г водорода?

5. Каково давление газа, если в его объеме, равном 1 $см^3$, содержится 10^6 молекул, а температура газа равна 87° С?

6. Смесь гелия и аргона находится при температуре 1000 К. Определите среднюю кинетическую энергию поступательного движение атомов гелия и аргона.

7. Какой средней квадратичной скоростью обладают молекулы азота при температуре 27° С?

8. Каково давление газа, если в каждом кубическом сантиметре его содержится 10^6 молекул, а температура газа равна 87° С?

9. Колба емкостью 0,5 л содержит газ при давлении 10^5 Па и температуре 0° С. Сколько молекул газа находится в колбе?

10. Определите температуру газа, если средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул равна $1,6 \times 10^{-19}$ Дж.

Задания уровня «В»

1. Из открытого стакана за 5 сут полностью испарилось 50 г воды. Сколько в среднем молекул вылетало с поверхности воды за одну секунду?

2. Плотность неизвестного газа равна 0,09 $кг/м^3$. При этом в объеме 0,1 $м^3$ содержится $2,7 \times 10^{24}$ молекул. Какой это газ? Определите его молярную массу.

3. Сравните число молекул воды и ртути, содержащееся в равных объемах.

4. Радоновые ванны содержат $1,8 \times 10^6$ атомов радона на 1 $дм^3$ воды. Определите, на какое количество молекул воды в этой ванне приходится один атом радона.

5. Вычислите плотность водорода, если известно, что число его молекул в сосуде вдвое больше числа Авогадро, а объем сосуда равен 40 л.

6. Давление 10^5 Па создается молекулами газа массой 3×10^{-26} кг при концентрации 10^{25} $м^{-3}$. Чему равна средняя квадратичная скорость молекул газа?

7. Капелька духов содержит 10^{-4} г ароматического вещества. Молярная масса ароматического вещества равна 1 кг/моль. Капельку испарили в помещении объемом 60 $м^3$. Какое количество молекул ароматического вещества попадет в легкие человека при каждом вдохе? Объем вдыхаемого воздуха равен 1 $дм^3$.

8. Сколько молекул газа находится в сосуде объемом 480 $см^3$ при температуре 20 °С и давлении 250 кПа?

9. Какое давление на стенки сосуда производит кислород, если скорость его молекул равна 400 м/с,а в 1 см^3 находится $2,7 \times 10^{19}$ молекул?

10. В баллоне объемом 10 л находится газ при температуре 27 ° С. Вследствие утечки газа давление снизилось на 4,2 кПа. Сколько молекул вышло из баллона?

Задания уровня «С”

1. Какая масса углекислого газа CO_2 растворена в бутылке с лимонадом объемом 0,5 л, если на одну молекулу газа приходится $5,56 \times 10^5$ молекул воды?

2. При температуре 300 К плотность газа равна 1,2 кг/м^3, а средняя квадратичная скорость молекул составляет 500 м/с. Найдите концентрацию молекул газа.

3. Если пометить все молекулы в одном стакане воды и вылить эту воду в Мировой океан, а потом вновь зачерпнуть стакан воды, то сколько в нем будет меченых молекул? Объем воды Мирового океана равен $1,31 \times 10^{18}$ м^3, объем стакана равен 200 см^3.

4. Плотность газа в баллоне газонаполненной электрической лампы равна 0,9 кг/м^3. При горении лампы давление в ней возросло от 80 до 110 кПа. На сколько при этом увеличилась средняя квадратичная скорость молекул газа?

5. При взрыве атомной бомбы (М = 1 кг плутония ^{242}Pu) получается одна радиоактивная частица на каждый атом плутония. Предполагая, что ветры равномерно перемешивают эти частицы во всей атмосфере, подсчитайте число радиоактивных частиц, попадающих в объем 1 дм^3 воздуха у поверхности Земли. Радиус Земли принять равным 6×10^6 м.

6. Число молекул газа в единице объема уменьшилось в 2,5 раза. На сколько градусов нагрели при этом газ, если его давление не изменилось? Начальная температура газа равна 300 К.

7. Определите температуру, при которой молекулы водорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как и молекулы гелия при 327 °С.

8. Смесь гелия и аргона находится при температуре 800 К. Во сколько раз средняя квадратичная скорость атомов гелия больше, чем атомов аргона?

9. Чему равно отношение числа частиц в двух сосудах N_1/N_2, если объем второго сосуда вдвое больше объема первого. Газ во втором сосуде находится при вдвое больших температуре и давлении.

10. Найдите объем воды плотностью 1 г/см^3, в котором находится столько же молекул, сколько в 200 м^3 водорода при давлении 166 КПа и температуре 360 К.

10. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы

Задания уровня «А»

1. Вычислите универсальную газовую постоянную по результатам опыта: 1 кг водорода в объеме 12 м^3 имел давление 100 кПа при температуре 300 К.

2. При 0°С давление воздуха в паяльной лампе 250 кПа. Какое давление в килопаскалях установится в лампе после нагрева резервуара до 54,6°С? Изменение массы воздуха пренебрежимо мало.

3. Баллон емкостью 74,7 л содержит 1,98 кг углекислого газа при температуре 27 ° С. Баллон выдерживает давление не свыше 3000 кПа. При какой температуре он может разорваться? Молярную массу углекислого газа принять равной 0,044 кг/моль.

4. На сколько градусов надо охладить газ, имеющий температуру 273 К и объем 21 л, чтобы его объем при том же давлении стал равным 3 л?

5. Сосуд, содержащий 10 л воздуха под нормальным давлением 100 кПа, соединяют с сосудом емкостью 15 л, из которого выкачан воздух. Найдите в килопаскалях давление воздуха, установившееся в сосудах.

6. В закрытом баллоне находится азот при давлении 100 кПа и температуре 27 °С. Какова плотность азота при данных условиях?

7. Воздух объемом 2 л имеет давление 10^5 Па и температуру 15 ° С. Определите, каким станет давление этого воздуха, если его объем увеличить в 2 раза, а температура станет равной 20 ° С.

8. В процессе изобарного охлаждения идеального газа его объем уменьшился в 2 раза. Какова конечная температура газа, если его начальная температура равна 819 ° С? Масса газа постоянна.

9. Газ изотермически сжимают от объема 0,15 до объема 0,1 м^3. При этом давление повысилось на $1{,}5 \times 10^5$ Па. Определите первоначальное давление газа.

10. Объем газа увеличился от 0,3 до 2,1 м^3. Как изменится при этом его температура? Давление и массу газа считать постоянными.

Задания уровня «В»

1. Чему равна плотность воздуха при температуре 17 ° С и давлении 0.83×10^5 Па? Молярную массу воздуха принять равной 0,029 кг/моль.

2. Какой объем занимают два моля идеального газа в фотосфере Солнца? Температура фотосферы равна 6000 К, давление — $1{,}25 \times 10^2$ Па.

3. Докажите, что один моль идеального газа при нормальных условиях занимает объем 22,4 л. Сколько молекул при этом находится в единице объема?

4. При температуре 309 К и давлении 0,7 МПа плотность газа равна 12 кг/м^3. Определите молярную массу газа.

5. До какой температуры при постоянном давлении, равном 10^5 Па надо нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности водорода при том же давлении и температуре 200 К?

6. В баллоне находится газ при температуре 300 К и давлении $1{,}25 \times 10^7$ Па? До какой максимальной температуры можно нагреть газ, если баллон рассчитан на давление $1{,}5 \times 10^7$ Па?

7. Гелий находится в сосуде объемом 200 л при температуре 290 К и давлении 100 кПа. Как изменилась масса гелия после подкачивания, если его давление увеличилось на 200 кПа, а температура увеличилась на 30 К?

8. В цилиндр длиной 50 см, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении, начали вдвигать поршень площадью 50 см^2. Какую силу следует приложить к поршню, чтобы удержать его на расстоянии 40 см от дна цилиндра? Процесс считать изотермическим.

9. Определите плотность кислорода при температуре 100 °C и давлении 0,1 МПа.

10. Сколько граммов воздуха находится в пузырьке объемом 0,83 см^3 на глубине 8000 м? Температура воды постоянна и равна 290 К, атмосферное давление равно 100 кПа.

Задания уровня «С»

1. Два сосуда объемами 40 и 20 л содержат газ при одинаковой температуре, но при разных давлениях. После соединения сосудов в них установилось давление 1 мПа. Каково было начальное давление в большом сосуде, если в меньшем оно было 600 кПа? Температура не меняется. Ответ дать в килопаскалях.

2. За сколько ходов поршневого насоса с рабочим объемом 2 л можно понизить давление с 25×10^5 Па до $12{,}8 \times 10^5$ Па в сосуде, объем которого 8 л? Процесс считать изотермическим.

3. Одинаковые по массе количества водорода и гелия находятся в сосуде объемом V_1, который отделен от пустого сосуда объемом V_2 полупроницаемой перегородкой, свободно пропускающей молекулы водорода и не пропускающей гелий. После

установления равновесия давление в первом сосуде упало в 2 раза. Определите отношение V_1/V_2. Температура постоянна.

4. Для приготовления газовой смеси с общим давлением 5 кПа к сосуду с объемом 10 дм^3 присоединили баллон объемом 1 дм^3, в котором находится гелий под давлением 4 кПа, и баллон с неоном под давлением 1 кПа. Найдите объем баллона с неоном. Температура постоянна.

5. Сосуд объемом 2 дм^3 разделен на две равные части полупроницаемой перегородкой. В первую половину сосуда введена смесь аргона массой 20 г и водорода массой 2 г, во второй половине — вакуум. Через перегородку может диффундировать только водород. Какое давление установится в первой половине сосуда после окончания процесса диффузии? Во время процесса поддерживалась температура 20 ° С. Перегородка неподвижна.

6. Цилиндрический баллон имеет длину 50 см. Посередине баллон разделен теплонепроницаемым поршнем, с обеих сторон которого находятся одинаковые массы одного и того же газа при температуре 200 К. В одной из частей баллона температуру газа повысили до 300 К. На какое расстояние при этом сместится поршень?

7. Газ под давлением 3×10^5 Па при температуре 320 К находится в баллоне объемом 200 л. После утечки газа давление уменьшилось в 3 раза, а температура стала равной 290 К. Определите, как изменилось число молекул газа в сосуде.

8. Имеются два баллона, наполненные одним и тем же газом. В одном баллоне газ находится под давлением 4×10^5 Па, а в другом под давлением 9×10^5 Па. Массы газа равны 200 и 300 г соответственно. Баллоны соединяют трубкой, объемом которой можно пренебречь по сравнению с объемами баллонов. Каким станет установившееся давление в баллонах, если температура газа в них одинакова, и после установления искомого давления увеличилась на 20%.

9. Стеклянная колба, открытая с одного конца, имеет объем 250 см^3. После того, как колбу нагрели до 127 °С, ее горлышко опустили в воду. Сколько граммов воды войдет в колбу, если она при этом охладится на 120 °С? Давление в колбе считать постоянным.

10. В баллоне находится некоторое количество газа при атмосферном давлении 10^5 Па. При открытом вентиле баллон был нагрет, после чего вентиль закрыли и газ остыл до начальной температуры 10 °С, давление в баллоне упало до $0{,}7 \times 10^5$ Па. Каково максимальное изменение температуры баллона?

11. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики

Задания уровня «А»

1. Газу передано количество теплоты 300 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 500 Дж. Определите изменение внутренней энергии газа.

2. Определите количество теплоты, которое потребуется для изохорного нагревания 2 молей идеального одноатомного газа на 60 К.

3. Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы 6 кг льда при $-20\,^\circ C$ обратить в пар с температурой $100\,^\circ C$?

4. В сосуд, содержащий 2,3 кг воды при $20\,^\circ C$, опускают кусок олова, нагретый до $230\,^\circ C$. Температура воды в сосуде повысилась на 15 °С. Вычислить массу олова. Испарением воды пренебречь.

5. В воду с температурой $20\,^\circ C$ влили ртуть, масса которой равна массе воды. Найдите начальную температуру ртути, если установившаяся температура равна $21\,^\circ C$.

6. В сосуд содержащий 2,8 л воды при $20\,^\circ C$, опускают кусок стали массой 6 кг, нагретый до $460\,^\circ C$. Вода нагревается до кипения, а часть ее обращается в пар. Найдите массу воды, обратившейся в пар.

7. Поезд массой 2000 т, идущий со скоростью 15 м/с, остановлен тормозами. Какое количество теплоты выделилось при этом?

8. На сколько градусов нагревается вода, падая с высоты 15 м, если 30 % совершенной при ее падении работы расходуется на нагревание воды?

9. Мяч массой 100 г упал с высоты 10 м и подпрыгнул до высоты 7 м. Какое количество теплоты при этом выделилось?

10. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, ударяется о препятствие и застревает в нем. Какое количество теплоты выделилось при этом?

Задания уровня «В»

1. Концентрация молекул газа, занимающего объем 2,5 л при температуре 400 К, равна 10^{20} см$^{-3}$. Какова внутренняя энергия одноатомного газа?

2. Найдите работу расширения воздуха массой 15 кг и изменение его внутренней энергии, если он был нагрет от $100\,^\circ C$ до $250\,^\circ C$ при постоянном давлении.

3. Смешали 0,4 м^3 воды при температуре 20 °С и 0,1 м^3 воды при температуре 70 °С. Какова температура смеси при тепловом равновесии?

4. В воду массой 0,5 кг, имеющей начальную температуру 10 °С, положили лед, температура которого 0 °С. Определите наибольшую массу льда, чтобы он полностью растаял.

5. Кусок меди массой 200 г, нагретый до температуры 800 °С, бросают в сосуд, содержащий 1,1 кг воды при температуре 20 °С. Какова удельная теплоемкость меди, если вода нагрелась до 30 °С? Теплоемкостью сосуда пренебречь.

6. Рабочий, забивая железный гвоздь массой 50 г в доску, ударяет 20 раз молотком, масса которого равна 0,5 кг и конечная скорость 12 м/с. На сколько градусов нагреется гвоздь, если предполагать, что вся выделенная при ударах теплота пошла на нагревание гвоздя?

7. С какой скоростью должна лететь льдинка, имеющая температуру 273 К, чтобы при ударе о преграду расплавиться? Считать, что вся кинетическая энергия льдинки при ударе перейдет в ее внутреннюю энергию.

8. При выстреле вертикально вверх свинцовая пуля достигла высоты 1200 м. При падении, ударившись о землю, она нагрелась. Считая, что 50 % всей энергии удара пошло на нагревание пули, рассчитайте, на сколько повысится ее температура.

9. Тело, имеющее удельную теплоемкость 350 Дж/кг · К падает с высоты 3 м и отскакивает при ударе о землю со скоростью 5 м/с. Считая, что нагревается только данное тело, определите изменение его температуры при ударе.

10. С какой высоты должен упасть свинцовый шар, чтобы при ударе о землю он расплавился, если начальная температура шара равна 27 °С? Считать, что вся механическая энергия шара при ударе перейдет в его внутреннюю энергию.

Задания уровня «С»

1. Один моль идеального газа находится в цилиндре под поршнем при температуре T_1. Газ при постоянном давлении нагревают до температуры T_2, затем при постоянном объеме нагревают до температуры T_3. Далее газ охлаждают при постоянном давлении так, что его объем уменьшается до первоначального значения. Наконец, при постоянном объеме газ возвращают в первоначальное состояние. Изобразите графически данный процесс. Определите, какую работу совершил газ в этом процессе?

2. Давление газа при изохорном охлаждении уменьшилось в n раз. Затем при изобарном расширении температура газа доведена до начального значения T. Какую работу совершил газ, если его количество равно ν?

3. Газ, имеющий начальный объем 10 л, и находящийся под давлением 160 кПа, был изобарно нагрет от 320 К до 450 К. Определите работу расширения газа.

4. В железном баке массой 5 кг находится 20 кг воды и 6 кг льда при 0 °С. Какое количество стоградусного пара следует ввести в бак, чтобы расплавить лед и нагреть воду до 70 °С?

5. В калориметр, содержащий лед массой 100 г при температуре 0 °С, впустили пар, температура которого 100 °С. Сколько воды окажется в калориметре после того, как весь лед растает?

6. На сколько градусов нагреется вода при падении с водопада высотой 60 м? Считать, что на нагревание воды идет 60 % работы, совершаемой при падении воды.

7. Паровой молот массой 10 т падает с высоты 2,5 м на железную болванку массой 200 кг. Сколько раз он должен упасть, чтобы температура болванки поднялась на 40 К? Принять, что 60 % энергии молота при ударе идет на нагревание болванки.

8. Два одинаковых железных шара движутся навстречу друг другу. На сколько повысится их температура после неупругого столкновения, если на нагревание пойдет 80 % энергии, выделившейся в результате удара?

9. При какой скорости свинцовая пуля, ударившись о преграду, плавится? Температура пули до удара 100 °С. При ударе 60 % энергии пули превращается во внутреннюю энергию.

10. Энергия удара стального лома пневматического отбойного молотка, имеющего массу 1,8 кг, равна 37,5 Дж.. Как изменится температура лома после 3 мин работы, если на его нагревание затрачивается 15% всей энергии? Отбойный молоток делает 1000 ударов в минуту.

12. Электростатика

Задания уровня «А»

1. Два одинаковых металлических шарика, имеющих заряды 9×10^{-8} Кл и 3×10^{-8} Кл, приведены в соприкосновение и разведены на прежнее расстояние. Определите отношение модулей сил взаимодействия шариков до и после соприкосновения.

2. Два одинаковых металлических шарика, имеющие заряды по 10^{-6} Кл каждый находятся на расстоянии 4 м друг от друга.

Найдите величину напряженности электрического поля в точке, находящейся посередине между зарядами.

3. Два одинаковых металлических шарика, имеющих заряды $q_1 = -6 \times 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 15 \times 10^{-8}$ Кл, привели в соприкосновение, а затем раздвинули на расстояние 10 см. Определите силу взаимодействия между шариками.

4. Величину каждого из двух одинаковых точечных зарядов уменьшили в 2 раза, а расстояние между ними уменьшили в 4 раза. Найдите отношение конечной силы их взаимодействия к начальной.

5. Два одинаковых разноименных точечных заряда притягиваются с силой 4 мН, когда расстояние между ними равно 30 см. После того, как их на короткое время привели в соприкосновение и вновь поместили на прежнее расстояние, сила электрического взаимодействия стала равной 2,25 мН. Определите заряды шариков до их соприкосновения.

6. Одинаковые положительные заряды по 5×10^{-9} Кл каждый расположены в двух противоположных вершинах квадрата со стороной 30 см. Найдите напряженность поля в двух других вершинах квадрата.

7. При сообщении конденсатору заряда, равного 5×10^{-6} Кл, его энергия оказалась равной 0,01 Дж. Определите напряжение на обкладках конденсатора.

8. Первоначально покоившийся электрон разгоняется электрическим полем с разностью потенциалов 100 В. Чему равна конечная скорость электрона? Удельный заряд электрона равен 1.76×10^{11} Кл/кг.

9. Конденсатор, имеющий емкость 800 мкФ, заряжен до разности потенциалов 300 В. Определите энергию электрического поля конденсатора.

10. Два точечных заряда взаимодействуют в среде с диэлектрической проницаемостью 81 на расстоянии 20 см. На какое расстояние нужно поместить эти заряды в среде с диэлектрической проницаемостью равной 2, чтобы сила их взаимодействия осталась прежней?

Задания уровня «В»

1. Два закрепленных заряда $q_1 = 1{,}1 \times 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 4{,}4 \times 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии 12 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?

2. Два точечных заряда 2 мкКл и 1 мкКл расположены на расстоянии 2 м друг от друга. Чему равна величина напряженности электростатического поля в середине отрезка прямой между зарядами?

3. Между зарядами $+q$ и $+9q$ расстояние равно 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю?

4. Два одинаковых заряженных шарика, имеющих плотность 1,6 г/см^3, подвешены на нитях равной длины в одной точке и погружены в жидкость. Плотность жидкости равна 0,8 г/см^3. Найдите диэлектрическую проницаемость жидкости, если угол расхождения нитей в жидкости и в воздухе одинаков. Заряды шариков равны по 2 нКл.

5. Частица массой 1 мг и зарядом –0,5 мКл, имеющая скорость 1 км/с, влетает в однородное электрическое поле напряженностью 100 В/м в направлении силовых линий поля. Какой путь она пролетит до остановки? Силой тяжести частицы пренебречь.

6. Сколько электронов содержит заряд пылинки массой 10^{-6} мг, если она находится в состоянии равновесия в плоском конденсаторе, заряженном до напряжения 500 В? Расстояние между пластинами равно 5 мм.

7. Из плоского конденсатора, пространство между обкладками которого заполнено парафином с диэлектрической проницаемостью, равной 2, необходимо удалить диэлектрик, не отключая конденсатор от источника напряжением 150 В. Рассчитайте работу, которую нужно при этом совершить, если емкость конденсатора с диэлектриком равна 2 мкФ.

8. Конденсатор емкостью 8 мкФ подключен к источнику тока напряжением 100 В. Вычислите работу, совершенную при вдвигании в конденсатор пластины с диэлектрической проницаемостью равной 4. Пластина заполняет весь объем конденсатора.

9. Энергия плоского воздушного конденсатора, отключенного от источника тока равна 20 Дж. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами такого конденсатора в 4 раза?

10. Капелька масла массой 10^{-8} г, имеющая заряд 10^{-14} Кл, расположена между двумя горизонтальными разноименно заряженными пластинами конденсатора на равном расстоянии между ними. Найдите время, в течение которого капелька достигнет одной из пластин, если разность потенциалов между пластинами равна 240 В, а расстояние между ними составляет 2,5 см.

Задания уровня «С»

1. В поле горизонтально расположенного плоского конденсатора находится в равновесии капелька масла. Радиус капли равен 1 мкм. Заряд капли равен заряду 20 электронов. Напряжение

между пластинами конденсатора составляет 82 В. Расстояние между пластинами равно 8 мм. Определите заряд электрона. Плотность масла — 800 кг/м^3.

2. Электрон с некоторой скоростью влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам на равном расстоянии от них. К пластинам конденсатора приложено напряжение 300 В. Расстояние между пластинами равно 2 см. Длина конденсатора равна 10 см. Какова должна быть предельная скорость, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?

3. В плоский конденсатор, расположенный горизонтально, параллельно его пластинам влетает протон со скоростью 120 км/с. Длина пластин конденсатора равна 10 см, а напряженность поля внутри конденсатора равна 30 В/см,. Определите скорость, с которой протон вылетает из конденсатора.

4. Заряженным шариком массой 0,1 г и зарядом 80 нКл стреляют горизонтально в вакуумной камере на высоте 9 см над полом. В камере создано вертикальное электрическое поле напряженностью 10 кВ/м. При изменении направления вектора напряженности на противоположное дальность полета по горизонтали возрастает на 50 см. Определите скорость шарика после выстрела.

5. Электрон влетает с некоторой скоростью в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам на равном расстоянии от них. Расстояние между пластинами равно 4 см, напряженность электрического поля в конденсаторе 1 В/м. Через сколько времени после того, как электрон влетел в конденсатор, он попадет на одну из пластин? На каком расстоянии от начала конденсатора электрон попадет на пластину, если он был ускорен разностью потенциалов 60 В?

6. К источнику тока напряжением 100 В подключен конденсатор, имеющий емкость 8 мкФ. В конденсатор вводят пластины с диэлектрической проницаемостью, равной 4 так, что пластина заполняет весь объем конденсатора. Вычислите совершаемую при этом работу.

7. Электрон влетает в плоский конденсатор и вылетает из него под одним и тем же углом 45° к пластинам конденсатора. Длина пластин 10 см, напряженность электрического поля 4000 кВ/м.

8. Отрицательно заряженная шарообразная капелька масла радиусом $1{,}4 \times 10^{-5}$ м движется с ускорением 5,8 м/с^2 между двумя пластинами конденсатора. Пластины расположены горизонтально в вакууме на расстоянии 4,8 мм друг от друга. Разность потенциалов между пластинами равна 1000 В. Ускорение капельки направлено вниз. Какое количество «избыточных» электронов имеет капелька? Плотность масла равна 800 кг/м^3.

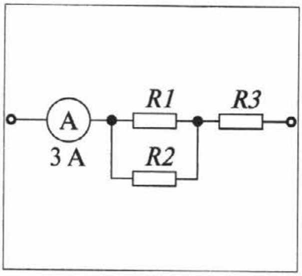


Рисунок 15

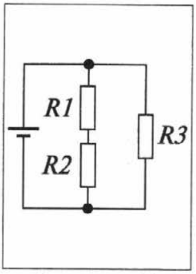


Рисунок 16

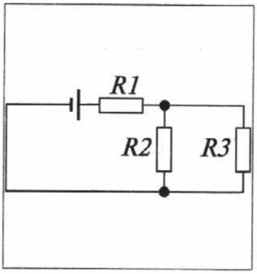


Рисунок 17

9. В плоский конденсатор параллельно пластинам влетает электрон. Пролетев по горизонтали расстояние, равное 4 см, он отклоняется на 2 мм по вертикали. Найдите кинетическую энергию электрона в момент, когда электрон влетает в конденсатор, если напряженность электрического поля конденсатора равна 20 В/м.

10. Энергия заряженного конденсатора равна 20 мкДж. Отключив конденсатор от источника тока, из него вынимают диэлектрик, совершив при этом работу, равную 80 мкДж, против сил электрического поля. Найдите диэлектрическую проницаемость диэлектрика.

13. Законы постоянного тока

Задания уровня «А»

1. Два проводника сопротивлением 2 Ом и 3 Ом соединены параллельно. Напряжение на концах этого участка цепи равно 2,4 В. Определите силу тока в каждом проводнике и общую силу тока на этом участке.

2. По схеме, изображенной на рисунке 15 определите общее сопротивление цепи и напряжение на всем участке цепи. R_1 = 15 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 4 Ом.

3. Определите силу тока в проводнике R_2 (рисунок 16) и напряжение на концах проводника R_3. ЭДС источника равна 2,1 В, его внутреннее сопротивление равно 1,2 Ом, R_1 = 7 Ом, R_2 = 5 Ом, R_3 = 4 Ом.

4. Рассчитайте силу тока, протекающего через резистор R_3, если сопротивления резисторов $R_2 = R_3$ = 6 Ом, R_1 = 5 Ом (рисунок 17), а ЭДС источника тока равна 18 В. Внутреннее сопротивление источника тока равно 1 Ом.

5. Источник тока с ЭДС, равной 5 В и внутренним сопротивлением 1,9 Ом, подключен к параллельно соединенным сопротивлениям 3 и 7 Ом. Определите силу тока в цепи.

6. При напряжении 400 В сила тока в электродвигателе равна 92 А. Определите мощность тока в обмотках электродвигателя и их сопротивление.

7. Определите мощность электрического чайника, если в нем за 20 минут нагревается 1,43 кг воды от 20 до 100 °С.

8. Медный электропаяльник массой 0,5 кг включен в сеть с напряжением 220 В. На сколько градусов нагреется электропаяльник за 5 минут при силе тока в цепи 1 А?

9. За какое время 1,5 л воды в электрическом чайнике мощностью 250 Вт нагреется от 20 до 40 °С?

10. Определите количество теплоты, которое выделится за 20 с в проводнике, имеющем сопротивление 6 Ом, если по нему течет ток 4 А?

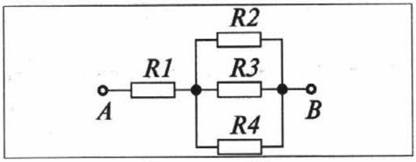


Рисунок 18

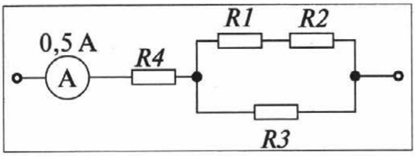


Рисунок 19

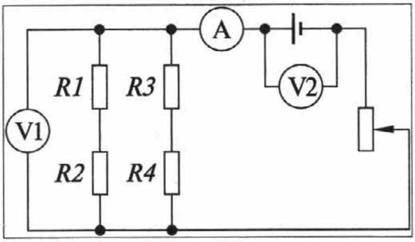


Рисунок 20

Задания уровня «В»

1. Определите общее сопротивление участка цепи (рисунок 18). Чему равна сила тока в каждом проводнике, если напряжение на участке AB равно 18 В? R_1 = 1,6 Ом; R_2 = 4 Ом; R_3 = 6 Ом, R_4 = 12 Ом.

2. Определите общее сопротивление цепи и напряжение на всем участке цепи (рисунок 19). R_1 = 4 Ом; R_2 = 6 Ом; R_3 = 15 Ом, R_4 = 4 Ом.

3. Чему равны показания всех приборов, если реостат полностью введен (рисунок 20). ЭДС источника 12 В, внутреннее сопротивление 2 Ом, R_1 = 20 Ом; R_2 = 40 Ом; R_3 = R_4 = 30 Ом? Сопротивление реостата 28 Ом. Как изменятся показания всех приборов при движении ползунка реостата вверх?

4. Каковы показания всех приборов, если движок реостата находится посередине (рисунок 21). ЭДС источника 9,5 В, его внутреннее сопротивление 1,5 Ом, R_1 = 40 Ом, R_2 = 60 Ом, R_3 = 120 Ом? Сопротивление реостата 52 Ом.

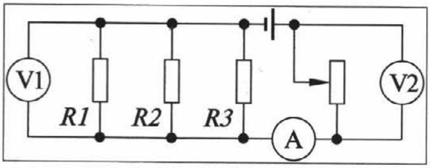


Рисунок 21

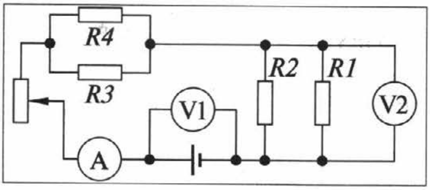


Рисунок 22

5. Найдите силу тока в цепи и в сопротивлении R_3, если реостат полностью выведен из цепи (рисунок 22). Как изменятся показания приборов, если движок реостата переместить сверху вниз? ЭДС = 1,44 В; r = 0,2 Ом; $R_1 = R_2$ = 1,2 Ом; R_3 = 2 Ом; R_4 = 3 Ом.

6. В сеть с напряжением 220 В последовательно включены две лампы мощностью 60 Вт и 250 Вт, рассчитанные на напряжение 110 В каждая. Найдите мощность каждой лампы при таком включении.

7. Найдите внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока 30 А мощность во внешней цепи равна 180 Вт, а при силе тока 10 А эта мощность равна 100 Вт.

8. При подключении к источнику тока с ЭДС 15 В сопротивления 15 Ом КПД источника 75%. Какую максимальную мощность во внешней цепи может выделять данный источник?

9. ЭДС источника тока равна 2 В, внутреннее сопротивление равно 1 Ом. Определите силу тока, если внешняя цепь потребляет мощность 0,75 Вт.

10. Чему равна сила тока короткого замыкания батареи, если при силе тока 2 А во внешней цепи выделяется мощность 24 Вт, а при силе тока 5 А — мощность 30 Вт.

Задания уровня «С»

1. Чему равно напряжение источника тока, питающего цепь (рисунок 23)? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. R_1 = 3 Ом, R_2 = 2 Ом, R_3 = 8 Ом.

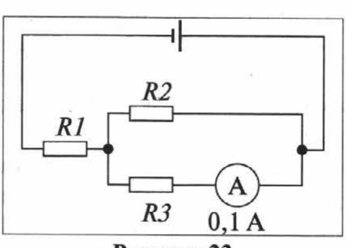


Рисунок 23

2. Определите силу тока, проходящего через каждый из резисторов, если вольтметр показывает 4 В (рисунок 24). R_1 = 2 Ом, R_2 = 3 Ом, R_3 = 4 Ом, R_4 = 4 Ом, R_5 = 0,8 Ом.

3. Определите силу тока в каждом резисторе, если напряжение

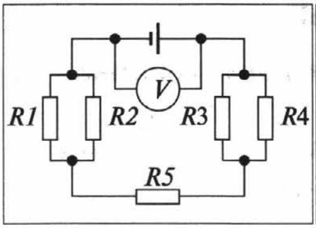


Рисунок 24

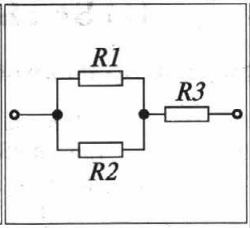


Рисунок 25

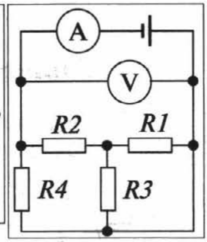


Рисунок 26

на всем участке равно 10 В (рисунок 25). R_1 = 6 Ом, R_2 = 12 Ом, R_3 = 6 Ом.

4. При замыкании источника тока на резистор сопротивлением R_1 = 3,9 Ом сила тока в цепи I_1 = 0,5 А, а при замыкании источника тока на резистор сопротивлением R_2 = 1,9 Ом сила тока в цепи I_2 = 1 А. Найдите ЭДС источника и его внутреннее сопротивление.

5. На рисунке 26 изображена схема электрической цепи, в которой ЭДС источника равна 20 В, внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом, R_1 = 4 Ом, R_2 = 3 Ом, R_3 = 12 Ом, R_4 = 6 Ом. Найдите показания амперметра и вольтметра. Рассчитайте падение напряжения и силу тока, протекающего через каждый проводник.

6. Нагреватель электросамовара состоит из двух элементов. При подключении к сети первого элемента в самоваре вода закипает через 15 мин, при подключении только второго элемента — через 20 мин. Через какое время закипит вода в самоваре, если подключить к сети оба элемента последовательно?

7. В электрическую сеть напряжением 220 В включили последовательно две лампы мощностью 40 Вт и 60 Вт. Какие мощности они при этом потребляют, если они рассчитаны на напряжение 220 В?

8. Перегоревшую спираль электроплитки с мощностью 420 Вт укоротили на 1/8 ее первоначальной длины. Какой стала ее мощность при включении в ту же сеть?

9. Электрический чайник имеет в нагревателе две секции. При включении первой секции вода в чайнике закипает за 10 мин, а при включении второй секции — за 40 мин. Через сколько времени закипит вода, если включить обе секции параллельно?

10. Электроплитка с двумя одинаковыми спиралями позволяет получить три степени нагрева в зависимости от порядка и характера включения. Сравните количества теплоты, полученные от плитки за одно и то же время.

ОТВЕТЫ

1 Равномерное прямолинейное движение

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	– 4 м; 6 м	0,6 ч; 48 км от пункта *A*	11 с
2.	1 м/с	40 км/ч	$v_1 = v \cdot \text{ctg}\, a$
3.	3 с; 12 м	150 м	6 мин
4.	– 2 м; 8 м	а). 13 м/с, 0; б) 11 м/с, 0	$\alpha = \text{arctg}\, v/u$
5.	1 с; 6 м	18 с; 90 м	90 с
6.	4 ч; на расстоянии 320 км от первого города	46°	15 м/с
7.	200 с	5,8 м/с	30 км/ч
8.	36 км/ч	На 4 с	1 раз
9.	10 с	28,2 м/с; вертолет летит на северо-восток под углом 45° к меридиану	$n = \frac{n_1 n_2}{2n_1 - n_2}$
10.	14 м/с; 6 м/с	1 ч	При $\alpha = 0°$ время полета максимально, при $\alpha = 90°$ время полета минимально
11.	4 м; 1 м; 1 м/с; $x = 4 - t$	7 м; 1 с	
12.	$x_1 = 2t$; $x_2 = 4$; $x = 4$ м; $t = 2$ с	$x_1 = -10+2t$; $x_2 = 5-t$; $x = 0$ м; $t = 5$ с	
13.	3 м; 3 с	2 с	
14.	$x_1 = 4$; $x_2 = 8 - 4t$; $x = 4$ м; $t = 1$ с	$x_1 = 80t$; $x_2 = 60-20t$; $x = 48$ км от пункта *A*; $t = 0,6$ ч	
15.	6 м; 1 с		

2 Неравномерное движение

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	15 м/с	90 см	11,1 м/с
2.	80 м	0,225 м/с2, 66,6 с	5 м/с
3.	375 м	2 м/с, 1,25 с	1100 м
4.	5,5 м/с	32,4 м	2 м/с^2; 18 м/с; 10 м/с
5.	90 м	20 м	За вторую секунду
6.	6 м/с	24 с; 2,8 м/с^2	0,47 с
7.	1000 м	1 м/с	46 с
8.	6 м/с	9 м	0,45 м/с; 0,3 м/с^2
9.	1 м/с^2; 20 с	0,8 м/с^2	1000 м/с
10.	250 м	10 м	6,7 см/с^2
11.	0 м/с; 2,5 м/с^2; $v = 2{,}5t$; $s = 1{,}25t^2$; равноускоренное		2,5 с; 14 м; 37,2 м
12.	2 м; 2 м/с; 2 м/с^2; $v = 2 - 2t$; $s = 2t - t^2$; равнозамедленное		9 мин; 12 км
13.	7,5 м/с; –1 м/с^2; $v = 7{,}5 - t$; $s = 7{,}5t - 0{,}5t^2$; равнозамедленное	0; 5 м/с; 2,5 м/с^2; 15 м	На 3,5 с
14.	4 м; 0 м/с; 8 м/с^2; $v = 8t$; $s = 4t^2$; равноускоренное	1. 0, 0, –0,8 м/с^2, влево, равноускоренное; 2. 400 м, –0,6 м/с, 0, влево, равномерное; 3. –300 м, 0, 0, покой.	2 м/с
15.	5 м/с; 1 м/с^2; $v = 5 + t$; $s = 5t + 0{,}5t^2$; равноускоренное	2,6 м/с	За вторую секунду

3 Свободное падение тел

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	20 м/с	20 м; 20 м/с	0,45 с; 0,023 с; 5 м; 40 м
2.	20 м	37,5 м/с	≈2,2 м
3.	4 с	2 с; 4 с	25,3 м/с
4.	45 м	1223 м	0
5.	80 м	≈14,7 с	1 м
6.	50 м	20 м	≈2 с; 15 м/с; 10,2 м
7.	20 м; 24 м	0,28 с	25 м
8.	10 м; 2 с	0,41 мин; 0,72 мин (в зависимости от начального угла)	500 м
9.	20 км	11 м/с; 13 м/с	≈63°
10.	200 м/с	2 с; 2 м/с	≈17 с

4 Законы Ньютона

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	15 Н	1,2 кН	442 кН; 160 кН
2.	≈ 6,4 м/с2	120 Н	5,4 с
3.	20 Н	≈ 9,8 м/с^2	7,5 см
4.	10 Н	2 м/с^2	30 Н
5.	64 Н	20 м/с	0,21 с
6.	50 Н	35 Н	3,3 м/с^2
7.	5 м/с^2	3,3 м/с^2; 13,4 Н; 26,6 Н	3 кг
8.	6 м/с	0,8 м/с^2; 0,76 Н	67 Н
9.	6,2 Н	0,6 м	1,3 м/с
10.	0,22 с	70 Н	0,11 с

5 Силы в механике

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	2,4 кН	6,2 Н	0,92 м/с2; 18 Н
2.	1,75 кН	140 м/с	7 км/с; 7200 с
3.	1 м/с	5 см	0,57 м/с
4.	6,5 Н	35 Н	7,6 км/с; 1,6 ч
5.	6 кг	0,25	2 с; 3 с
6.	120,7 кН	9	2 Н; 1,4 с
7.	64 Н	77,6 Н	420 Н; 300 Н
8.	2 м/с^2	3,2 кН; 4,8 кН	2000 км
9.	85 кН; 93 кН	0,45	6 м/с
10.	6 м/с	2,2 м/с	1,4 см

6 Закон сохранения импульса

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	750 кН	1 м/с	1 м/с
2.	Увеличилась на 1 м/с	6 м/с	$v = \sqrt{\frac{MLg}{M+m}}$
3.	0,1 м/с	20 кг	$F = nmg$
4.	13 м/с	406 м/с	0,5 м
5.	4 м/с	3/5	50 м
6.	10 000 т	$\upsilon = 3m\upsilon_0/2M$	1690 м
7.	1,75 м/с	1,2 м/с	≈0,93 м/с
8.	10 м/с	250 м/с, в направлении движения снаряда.	0,5 кг; под углом 53° в сторону противоположную движению второго бруска
9.	250 м/с	0,04 м/с	– 7,8 м/с
10.	2 м/с	1 м	2,8 см

7 Закон сохранения энергии

№	Задания уровня «A»	Задания уровня «B»	Задания уровня «C»
1.	1,1 кДж	10 МДж	Да, верно
2.	2,5 МДж	10 м/с	По льду дальше в 25 раз
3.	15 Вт	6,4 м	В 1,67 раза
4.	30 кДж	$-6{,}6 \cdot 10^5$ Дж	12 с
5.	3600 Дж	10 м/с	117,6 Дж
6.	6,3 м/с	0,1 м	$s = H(1/\mu - \mathrm{ctg}\,\alpha)$
7.	8,7 м/с	504 Дж	3,1 м/с; –1,3 Дж
8.	63 кН	0,3 Дж	0,46 м
9.	10,8 Дж; 79,2 Дж	23 см	5,5 м
10.	5 Дж	$v = g\sqrt{\frac{m}{k}}$	60°

8 Статика

№	Задания уровня «A»	Задания уровня «B»	Задания уровня «C»
1.	20 см	120 кг	24 кг
2.	560 Н	0,1 м от конца с большим грузом	392 Н
3.	120 Н	2,4 кН; 3 кН	≈ 38°
4.	360 Н	$T = mg/\cos\alpha$; $F = mg\,\mathrm{tg}\,\alpha$	Тяжелее носильщику, находящемуся ниже в 2,27 раза
5.	Да, находится	50 Н; 100 Н	≈ 24 см
6.	4000 Н; 5000 Н	38°	0,22
7.	В 10 см от конца, к которому подвешен груз большей массы	150 Н; 350 Н	12 Н
8.	1500 Н; 3500 Н	120 кг	≥ 0,29
9.	0,9 м	2670 Н	20 Н; 34 Н
10.	300 Н	6900 Н; 8800 Н	0,8 м

9 Основы МКТ

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	$3{,}3 \times 10^{12}$	$3{,}8 \times 10^{18}$	2,2 мг
2.	$2{,}65 \cdot 10^{-26}$ кг	0,002 кг/м^3	$2{,}4 \times 10^{25}$ м$^{-3}$
3.	24×10^{23}	Молекул ртути больше в 1,2 раза	1 молекула
4.	$3{,}3 \times 10^{24}$	$1{,}86 \times 10^{19}$	89 м/с
5.	5×10^{-9} Па	0,1 кг/м^3	700 дм$^{-3}$
6.	$2{,}1 \cdot 10^{-20}$ Дж	1000 м/с	450 К
7.	730 м/с	10^{12}	При 27 °С
8.	$8{,}8 \cdot 10^4$ Па	$3 \cdot 10^{21}$	В 3,16 раза
9.	$3{,}6 \cdot 10^{24}$	76 кПа	2:1
10.	800 К	10^{22}	0,36 м^3

10 Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.		1 кг/м^3	1200 кПа
2.	300 кПа	798 м^3	3
3.	600 К	$2{,}7 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$	1/3
4.	234 К	0,044 кг/моль	3 дм^3
5.	40 кПа	3200 К	$2{,}4 \cdot 10^6$ Па
6.	1,1 кг/м^3	360 К	0,05 м
7.	$0{,}5 \cdot 10^5$ Па	Увеличилась на 58 г	Уменьшилось на $8{,}6 \cdot 10^{24}$
8.	546 К	625 Н	$7{,}2 \cdot 10^5$ Па
9.	$0{,}3 \cdot 10^6$ Па	1 кг/м^3	75 г
10.	Увеличится в 7 раз	0,8 г	121,7 К

11 Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	800 Дж	2,1 кДж	$A = -R(T_3 - T_2)(1 - \frac{T_1}{T_2})$
2.	1500 Дж	$2{,}3 \cdot 10^6$ Дж; $6{,}4 \cdot 10^5$ Дж	$A = \frac{n-1}{n}\ \nu RT$
3.	18,6 МДж	30 °С	650 Дж
4.	3 кг	62 г	4 кг
5.	51 °С	300 Дж/кг К	112 г
6.	60 г	На 31 К	На 0,09 К
7.	225 МДж	820 м/с	25
8.	На 0,01 К	На 23 К	На 0,4 К
9.	3 Дж	0,05 К	426 м/с
10.	1250 Дж	6400 м	На 20 К

12 Электростатика

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	0,75	На расстоянии 4 см от первого заряда, на прямой, соединяющей эти заряды	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
2.	0	9000 Н/Кл	$3{,}6 \cdot 10^7$ м/с
3.	$\approx 0{,}18 \times 10^{-2}$ Н	2 см	270 км/с
4.	Уменьшилась в 1,25 раза	2	2,5 м/с
5.	10^{-7} Кл; -4×10^{-7} Кл	10 м	$4{,}8 \cdot 10^{-7}$ с; 22 см
6.	707 Н/Кл	625	0,12 Дж
7.	4 кВ	0,01 Дж	$32 \cdot 10^{-15}$ Дж
8.	$5{,}9 \times 10^6$ м/с	0,12 Дж	1100
9.	36 Дж	60 Дж	$6{,}4 \cdot 10^{-19}$ Дж
10.	1,29 м	0,25 с или 0,035 с	5

13 Законы постоянного тока

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	1,2 А; 0,8 А; 2 А	3,6 Ом; 5 А; 2,5 А; 1,67 А; 0,83 А	2,3 В
2.	10 Ом; 30 В	10 Ом; 5 В	0,6 А; 0,4 А; 0,5 А; 0,5 А; 1 А
3.	0,125 А; 1,5 В	11,6 В; 6 В; 0,2 А	0,67 А; 0,33 А; 1 А
4.	1 А	0,2 А; 5,2 В; 4 В	2 В; 0,1 Ом
5.	1,25 А	0.72 А; 0,432 А	5 А; 15 В; 1,9 А; 2,5 А; 0,6 А; 2,5 А; 7,5 В; 7,5 В; 7,5 В
6.	36,8 кВт; 4,35 Ом	164 Вт; 39 Вт	35 мин
7.	400 Вт	0,2 Ом; 12 В	14,4 Вт; 9,6 Вт
8.	На 350 К	11 Вт	480 Вт
9.	8,4 мин	1,5 А; 0,5 А	Через 8 мин
10.	1920 Дж	8 А	2:1:0,5

ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

1. Удельная теплоемкость, Дж/кг × °С

Алюминий	920	Свинец	130
Бетон	880	Серебро	250
Вода	4200	Спирт	2500
Кирпич	880	Сталь	500
Лед	2100	Цемент	830
Медь	380	Цинк	400
Олово	230	Чугун	540
Ртуть	130	Эфир	2350
Растительное масло	1800	Воздух	1000
Железо	460	Молоко	3900
Масло машинное	2100	Стекло	840

2. Температура плавления и кристаллизации, °С

(при давлении 760 мм рт. ст.)

Лед	0	Свинец	327

3. Удельная теплота плавления, 10^4 Дж/кг

Лед	34	Серебро	10

4. Температура кипения, °С

(при давлении 760 мм рт. ст.)

Вода	100	Спирт	78

5 Удельная теплота парообразования, МДж/кг

Вода	2,3	Спирт	0,9

СОДЕРЖАНИЕ

Разноуровневые задания

Ответы